



HAL
open science

Évaluation du lien performance – patrimoine des réseaux d'eau potable

Alain Husson, Caroline Merlet, Yves Le Gat, Eddy Renaud

► **To cite this version:**

Alain Husson, Caroline Merlet, Yves Le Gat, Eddy Renaud. Évaluation du lien performance – patrimoine des réseaux d'eau potable : Axe 1 : Indicateurs techniques de la performance : Rapport final. [Rapport Technique] INRAE. 2020, 140 p. hal-03169015

HAL Id: hal-03169015

<https://hal.inrae.fr/hal-03169015>


Submitted on 15 Mar 2021

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

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

Public Domain

Programme 2019-2020 – Action n° 01



Evaluation du lien performance – patrimoine des réseaux d'eau potable

Axe 1 : Indicateurs techniques de la performance

Rapport final

**Alain HUSSON (INRAE)
Caroline MERLET (INRAE)
Yves LEGAT (INRAE)
Eddy RENAUD (INRAE)**

Décembre 2020

Document élaboré dans le cadre de la convention AFB – Irstea 2019-2020

En partenariat avec le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

AUTEURS

Alain HUSSON, Ingénieur (1), alain.husson@inrae.fr

Caroline MERLET, Ingénieure (1), caroline.merlet@inrae.fr

Yves LEGAT, Ingénieur (1), yves.legat@inrae.fr

Eddy RENAUD, Ingénieur (1), eddy.renaud@inrae.fr

(1) INRAE, ETBX
50 avenue de Verdun Gazinet, F-33612 CESTAS cedex

CORRESPONDANTS

AFB :

Eric BREJOUX, Direction de la Connaissance et de l'Information sur l'Eau,
eric.brejoux@ofb.gouv.fr

Sophie PORTELA, Cheffe de projet services publics d'eau et d'assainissement,
sophie.portela@ofb.gouv.fr

INRAE :

Alain HUSSON, Ingénieur (1),
alain.husson@inrae.fr

Eddy RENAUD, responsable de l'équipe GPIE,
eddy.renaud@inrae.fr

Droits d'usage : accès libre
Niveau géographique : national
Couverture géographique : France
Niveau de lecture : Elus, professionnels, experts

SOMMAIRE

1. Introduction	5
1.1. Contexte	5
1.2. Objectifs et contenu de l'étude	5
2. Traitement des données à l'échelle des services	7
2.1. Présentation des données et traitements effectués	7
2.2. Les données de performance.....	7
2.3. Les données de patrimoine.....	8
2.4. Les données de contexte	9
2.5. Croisement des données de performance, de patrimoine et de contexte	10
2.6. Représentativité de l'échantillon étudié et création de sous-échantillons ...	11
3. Résultats de l'étude des données à l'échelle des services	12
3.1. Liens entre les paramètres de patrimoine et les paramètres de contexte	12
3.2. Liens entre le VNC par abonné et par linéaire et le patrimoine et le contexte	16
3.3. Modélisation de l'IVNC, du VNC et du VNC/N	21
3.4. Etude de l'ICGP45	24
3.5. Synthèse sur les résultats à l'échelle des services	25
4. Traitement des données à l'échelle des secteurs	26
4.1. Présentation des données et traitements effectués	26
4.2. Les données de compteur.....	28
4.3. Les données de patrimoine.....	32
4.4. Les données de contexte	33
4.5. Les données d'interventions.....	34
4.6. Les données de pose de conduite neuve.....	37
4.7. Croisement des données.....	38
5. Résultats de l'étude des données à l'échelle des secteurs	40
5.1. Liens entre le patrimoine et le contexte	40
5.2. Etude des débits de pertes.....	42
5.3. Etude des taux de casses.....	48
5.4. Etude des taux annuels moyens de conduite neuve sur 10 ans	57
5.5. Synthèse sur les résultats à l'échelle des secteurs	59
6. Conclusion	60
7. Bibliographie	63
8. Table des illustrations	65
9. Annexes	67
9.1. Annexe 1 : Classes de la base de données patrimoine.....	67
9.2. Annexe 2 : Carte des communes en zone de montagne	68
9.3. Annexe 3 : Carte des hydroterritoires (Aquadep, 2012)	69
9.4. Annexe 4 : Cartes du paramètre « dénivelé »	71
9.5. Annexe 5 : Tri des services de la base de données performance-patrimoine	73
9.6. Annexe 6 : Etude des courbes cumulées : cumuls après classement	
croissant des proportions.....	75
9.7. Annexe 7 : Boîtes à moustache de la partie 3	77
9.8. Annexe 8 : Modélisation du VNC et du VNC/N	80
9.9. Annexe 9 : Traitement des données de compteur brutes	89
9.10. Annexe 10 : Traitement des données de compteur journalières	94
9.11. Annexe 11 : Comparaison des Qnuit et Qmoy calculés à partir des données	
brutes et des données journalières.....	96

9.12. Annexe 12 : Modification des α 0	98
9.13. Annexe 13 : Rapport entre Qnuit et Qpmoy	99
9.14. Annexe 14 : Carte des zones CLC regroupées en Gironde.....	100
9.15. Annexe 15 : Carte des niveaux d'aléas argiles gonflantes en Gironde.....	102
9.16. Annexe 16 : Modifications apportées au fichier brut des interventions directement sous Excel.....	103
9.17. Annexe 17 : Sélection des interventions.....	104
9.18. Annexe 18 : Nombre de casses par an et par secteurs.....	106
9.19. Annexe 19 : Secteurs dont une partie des interventions sont sur matériau inconnu	107
9.20. Annexe 20 : Renseignement des casses par secteurs et par an.....	108
9.21. Annexe 21 : Comparaison des longueurs de conduite neuve et taux de conduite neuve calculés à partir du SIG et renseignées dans SISPEA	111
9.22. Annexe 22 : Cas particuliers pour la création des classes	114
9.23. Annexe 23 : Débit de pertes par abonné moyens par secteurs et par collectivités.....	115
9.24. Annexe 24 : Taux de casses moyens par secteurs et par collectivités.....	116
9.25. Annexe 25 : Graphiques de la partie 5.....	117
9.26. Annexe 26 : Tableaux de données de la partie 5	121

1. Introduction

1.1. Contexte

La gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable est un enjeu actuel important à l'échelle nationale, notamment dans l'objectif de limiter les volumes de pertes et préserver la ressource en eau. Les indicateurs de performance définis dans l'arrêté du 2 mai 2007 relatif aux Rapports annuels sur le Prix et la Qualité des Services (RPQS) modifié par l'arrêté du 2 décembre 2013, ainsi que le descriptif détaillé des réseaux imposé par la loi Grenelle II et son décret d'application n°2012-97 du 27 janvier 2012 [www.legifrance.fr], sont des éléments destinés à améliorer la gestion patrimoniale à l'échelle des services.

Les indicateurs de performance regroupés au sein de la base de données SISPEA (Système d'Information sur les Services Publics d'Eau et d'Assainissement, SISPEA) permettent d'évaluer la performance des réseaux à l'échelle des services, mais sans lien avec les caractéristiques physiques des réseaux (diamètres, matériaux et dates de pose).

Les travaux menés par IRSTEA et l'AFB dans le cadre de l'action 70 de 2016 à 2018 ont permis d'estimer les longueurs de conduites par matériau, par période de pose et par classe de diamètre aux échelles nationale et de bassin [HUSSON, 2019]. L'axe 2 de l'action 70 proposait une évaluation des besoins des acteurs de l'eau, qui fait émerger des questionnements sur les liens éventuels entre les caractéristiques des réseaux et leurs performances qui pourraient orienter les actions d'amélioration des réseaux [GUERIN-SCHNEIDER, 2019]. L'action 01, effectuée dans le cadre de la convention AFB-IRSTEA de 2019 à 2020, tente d'apporter des éléments de réponse à cette problématique. Ce rapport contient les résultats de la partie technique de l'action 01, la partie financière faisant l'objet d'un autre rapport [WITTNER, 2020].

1.2. Objectifs et contenu de l'étude

Cette action a pour objectif de relier les indicateurs de performance aux caractéristiques techniques des réseaux.

Cela peut être formulé par la question suivante : peut-on lier la performance des réseaux aux caractéristiques des canalisations (matériau, diamètre ou période de pose) tout en prenant en compte des éléments de contexte (urbanisation, territoires...) et de taille (longueur du réseau, nombre d'abonnés...) du service ?

L'étude a été effectuée dans un premier temps à l'échelle des services au niveau national et régional (bassins, régions administratives ou géographiques), et dans un deuxième temps à l'échelle de secteurs hydrauliques sélectionnés au sein de services du département de la Gironde.

Les paramètres de patrimoine définis sont le matériau, le diamètre et la période de pose des canalisations. Les indicateurs de performance étudiés sont, à l'échelle des services :

- l'indice linéaire des volumes non comptés ;
- les volumes non comptés par abonnés ;
- l'indice de connaissance et de gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable sur 45 points.

A l'échelle des secteurs, les indicateurs de performance retenus sont :

- le débit journalier de pertes par kilomètre de réseau ;
- le débit journalier de pertes par abonné ;
- les taux de casses sur canalisations.

Les indicateurs financiers de la performance font l'objet d'un rapport spécifique. Les indicateurs liés à la performance en terme de qualité de l'eau n'ont pas été étudiés, en effet, la très faible variabilité constatée (valeurs toutes proches de 100 %) ne permet pas de traitement statistique discriminant.

Les paramètres de contexte abordés sont l'urbanisation, l'hydroterritoire [Aquadep, 2012], la taille du service, les zones de montagne et le mode de gestion à l'échelle des services. L'urbanisation, la densité d'abonnés, l'aléa retrait-gonflement des argiles et le dénivelé sont les paramètres de contexte étudiés à l'échelle des secteurs.

L'étude conjointe des indicateurs de performance de la base SISPEA et des données de patrimoine disponibles a permis :

- la création d'une base de données « patrimoine-performance » contenant des données sur le territoire national à l'échelle des services ;
- l'établissement de liens entre le patrimoine et la performance, conjointement avec des éléments dits de contexte, en utilisant notamment les outils statistiques suivants : coefficients de corrélation linéaires, analyse en composante principale, cumul des données, classification ascendante hiérarchique, et enfin modélisation linéaire et non linéaire.

A l'échelle des secteurs d'un échantillon de services du département de la Gironde, l'étude conjointe des données de compteurs, des données d'interventions et des SIG a permis :

- la création d'une base de données contenant les débits de pertes par secteurs calculés à partir des données de compteur ; les taux de casses calculés à partir des données d'interventions ; les données de patrimoine contenues dans les SIG et dans les données d'interventions ; les données de contexte contenues dans les SIG ;
- l'analyse des liens entre le patrimoine et la performance, conjointement avec les éléments de contexte, en étudiant les relations linéaires et les corrélations à l'aide de méthodes de classification.

2. Traitement des données à l'échelle des services

2.1. Présentation des données et traitements effectués

Les données de performance à l'échelle des services sont extraites de SISPEA. Les données de patrimoine sont extraites des SIG et des données de la construction d'un dispositif permanent d'évaluation du patrimoine des réseaux d'eau potable [HUSSON, 2020] à l'échelle des communes. Le diagramme ci-dessous présente de manière schématique les étapes de création des deux bases de données collectées et modélisées regroupant les paramètres de performance et de patrimoine.

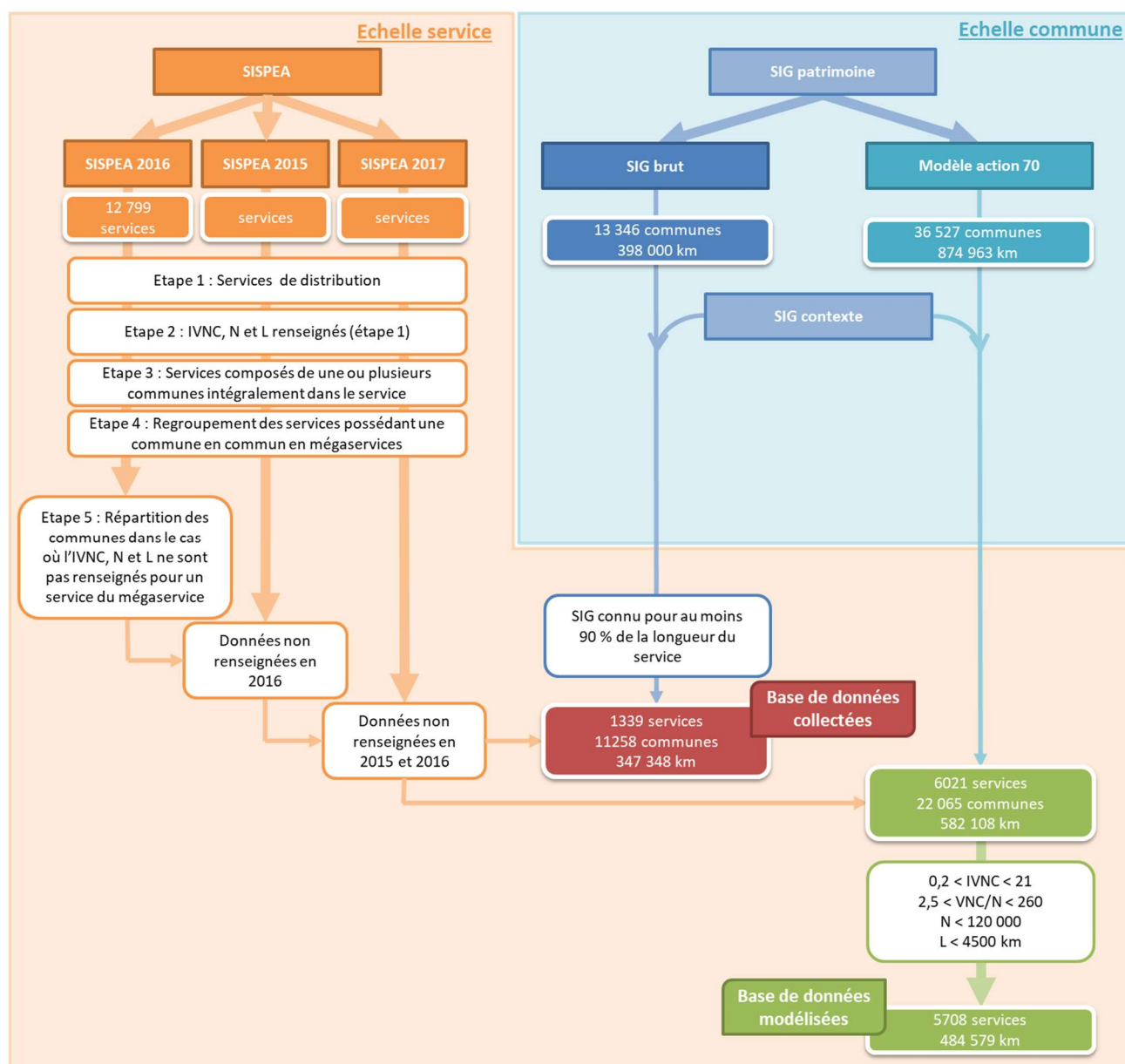


Figure 1 : Etape de création des bases de données patrimoine-performance

Les parties 2.2 à 2.6 détaillent les étapes présentées dans la Figure 1.

2.2. Les données de performance

Les données SISPEA de l'année 2016 sont utilisées en premier lieu puis complétées lorsqu'elles ne sont pas renseignées pour un service par celles disponibles pour les années 2015 et 2017. Seuls les services de distribution sont conservés (12 415 services de distribution sur 12 799 services au total en 2016).

Les indicateurs SISPEA étudiés dans ce rapport sont :

- L'Indice linéaire des Volumes Non Comptés (**IVNC**), en m³/km/j (P105.3 dans la base SISPEA) :

$$IVNC = \frac{V_{\text{produit}} + V_{\text{importé}} - V_{\text{exporté}} - V_{\text{comptabilisé domestique}} - V_{\text{comptabilisé non domestique}}}{\text{Linéaire hors branchement} \times 365}$$

Le paramètre IVNC a été privilégié car il est bien renseigné et moins biaisé que l'Indice Linéaire de Pertes (ILP) et le rendement.

- L'Indice de Connaissance et de Gestion Patrimoniale des réseaux d'eau potable (**ICGP**) (P103.2B dans la base SISPEA). Seuls les 45 premiers points du calcul de l'ICGP sont étudiés (VP.264 dans la base SISPEA). Par conséquent, l'ICGP étudié dans ce rapport est appelé ICGP45.

Les indicateurs mesurant le taux de conformité des prélèvements sur les eaux distribuées au titre du contrôle sanitaire par rapport aux limites de qualité, pour ce qui concerne la microbiologie et les paramètres physico-chimiques (P101.1 et P102.1 dans la base SISPEA) ne sont pas étudiés dans ce rapport. Ces indicateurs sont définis entre 0 et 100 et, en 2015, la médiane des rapports est égale à 100 et le 1^{er} décile est supérieur à 96 [DUQUESNE, 2018]. Ces indicateurs ne peuvent donc pas faire l'objet d'une étude statistique approfondie.

Les données suivantes renseignées dans la base SISPEA sont également utilisées :

- Le nombre d'abonnés (N) ;
- La longueur de réseau hors branchement (L) ;
- Le mode de gestion (régie ou délégation).

Un autre indicateur est créé à partir de l'IVNC pour les besoins de l'étude, le « VNC/N » en m³/abonné/an.

$$\frac{VNC}{N} = \frac{IVNC \times L \times 365}{N}$$

Le taux de remplissage des indicateurs de performance étudiés dans la base SISPEA est d'environ 50 %.

2.3. Les données de patrimoine

2.3.1. La base de données collectées

Les données patrimoine utilisées sont celles de la base de données de la construction d'un dispositif permanent d'évaluation du patrimoine des réseaux d'eau potable [HUSSON, 2020]. A l'échelle des communes, elle contient les longueurs de tronçons par période de pose (7 classes de périodes de pose), par matériau (10 classes de matériau) et par diamètre (7 classes de diamètres) de 13 346 communes, soit 398 000 km de réseau d'eau potable. Le contenu de chaque classe est rappelé en Annexe 1.

Le taux d'inconnu sur le patrimoine n'est pas négligeable puisqu'il est de 4 % en moyenne sur les diamètres, 6 % sur les matériaux et 30 % sur les périodes de pose.

2.3.2. La base des données modélisées

La base des données modélisées correspond aux longueurs de réseaux par diamètres, matériaux et périodes de pose estimées par la construction d'un dispositif permanent d'évaluation du patrimoine des réseaux d'eau potable [HUSSON, 2020]. Cette base contient les données de 36 527 communes, soit un linéaire de 874 963 km correspondant à l'intégralité du réseau national estimé.

Ces données ont l'avantage de ne pas avoir d'inconnues sur le patrimoine, et les biais (périodes de pose récentes et gros diamètres mieux renseignés) sont corrigés par le modèle. Elles ont l'inconvénient de ne pas comporter les informations « matériau par période de pose » et « matériau par diamètre ».

En raison du plus grand nombre de données qu'elle contient, la base des données modélisées est utilisée de manière privilégiée dans toute la suite du rapport (une précision est apportée lorsque ce sont les données collectées qui sont étudiées, notamment pour pouvoir disposer des informations « matériau par période de pose » et « matériau par diamètre »).

Les données de patrimoine sont regroupées selon les classes ci-dessous :

Tableau 1 : Classes sur les données de patrimoine et abréviations utilisées

	Abréviation	Occurrence par rapport à la longueur totale
<u>Matériaux</u>		
Fonte	F	42 %
Fonte grise	FG	17 %
Fonte ductile	FD	25 %
PVC	PVC	47 %
PVC vieux (< 1980)	PVCV	31 %
PVC récent (> 1980)	PVCR	16 %
Amiante-ciment, acier, PE...	Autres	11 %
<u>Périodes de pose</u>		
Antérieure à 1965	PP ≤ 1965	28 %
Entre 1965 et 1980	PP 1965 - 1980	37 %
Postérieure à 1980	PP > 1980	35 %
<u>Diamètres</u>		
Inférieur à 50 mm	≤ 50	27 %
Entre 60 et 100 mm	60 – 100	42 %
Supérieur à 125 mm	≥ 125	31 %

Ces classes ont été choisies de manière à avoir des effectifs suffisamment importants et exploitables statistiquement.

2.4. Les données de contexte

Les données de contexte suivantes sont connues à l'échelle des communes :

- **La population** ;
- **Les zones de montagne** : indicateur des communes 2015 défini par l'Observatoire des territoires (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt), la carte est présentée en Annexe 2 ;
- **Les hydroterritoires** : Indicateur Aquadep [Aquadep, 2012] se déclinant en 5 classes définies selon des caractéristiques des géographies physique et humaine, des ressources en eau, de la pression agricole et de l'organisation de l'AEP des départements (moyenne et haute montagne, France de l'Est et du Nord-Ouest, France de l'Ouest et du Sud-Ouest, Sud urbanisé, Ile-de-France), la carte est disponible en Annexe 3.A. ;
- **L'agence de l'eau** ;
- **Les longueurs de routes urbaines et rurales**, à partir desquelles sont calculées les proportions de routes urbaines et de routes rurales ;
- **Les classes Corinne Land Cover (CLC)**, divisées en quatre classes (zone habitée, zone artificialisée hors zone habitée, zone agricole, zone naturelle).
Les données SIG collectées croisées avec les 4 classes CLC permettent d'attribuer à chaque commune une longueur de réseau par CLC. Deux nouvelles variables sont ainsi créées :
 - La longueur de réseau urbain (regroupement des CLC « zone habitée » et « zone artificialisée hors zone habitée ») ;
 - La longueur de réseau rural (regroupement des CLC « zone agricole » et « zone naturelle »).
 Les paramètres « longueur de réseau urbain » et « longueur de réseau rural » ne sont pas disponibles pour les données de patrimoine modélisées, mais ont un coefficient de corrélation linéaire de 0,98 avec les paramètres « longueurs de routes urbaines » et « longueurs de routes rurales ». Ce sont donc ces deux paramètres qui sont utilisés dans toute l'étude.

Un autre paramètre de contexte est calculé :

- **Le dénivelé** : connaissant les altitudes sur le territoire national et les classes CLC, 8 données d'altitude sont enregistrées par commune (altitude maximale et altitude minimale dans chaque classe CLC). Les altitudes de la classe « zone naturelle » sont écartées, permettant de se rapprocher de la différence

d'altitude supportée par le réseau d'eau potable. Les valeurs sont divisées par le dénivelé maximal observé pour toutes être comprises entre 0 et 1, la carte des dénivelés est présentée en Annexe 4.A.

Ces données sont toutes connues à l'échelle des communes et sont intégrées à la base de données patrimoine. **Le mode de gestion** (délégation ou régie) est aussi un paramètre de contexte et il est disponible dans la base SISPEA à l'échelle du service.

2.5. Croisement des données de performance, de patrimoine et de contexte

2.5.1. Description de la méthode de création des bases de données

Deux bases de données patrimoine-performance sont construites. Elles associent les données de performance disponibles à l'échelle des services aux données de patrimoine, collectées d'une part et modélisées d'autre part, disponibles à l'échelle des communes. Le traitement des communes et des services se fait suivant les étapes décrites ci-dessous.

- Etape 1 : Seuls les services de distribution sont conservés ;
- Etape 2 : Les services pour lesquels les paramètres « linéaire hors branchement », « nombre d'abonnés » et « IVNC » sont renseignés dans la base SISPEA 2016 sont sélectionnés ;
- Etape 3 : Les services composés d'une ou plusieurs communes dont le réseau appartient entièrement à un seul service sont d'abord retenus ;
- Etape 4 : Les services dont au moins une commune est partagée en plusieurs services sont regroupés en mégaservices par concaténation ;
- Etape 5 : Les services dont au moins une commune est partagée en plusieurs services mais pour lesquels on ne construit pas de mégaservice car les 3 paramètres d'intérêt sont manquants pour au moins un service sont traités individuellement : la commune partagée est attribuée à l'un des services dont elle fait partie ;
- Etape 6 : Les étapes 1, 2, 3 et 4 sont répétées sur la base de données SISPEA 2015 pour compléter les données 2016 ;
- Etape 7 : Les étapes 1, 2, 3 et 4 sont répétées sur la base de données SISPEA 2017 pour compléter les données 2015 et 2016.
- Etape 8 :
 - Les données de patrimoine et de contexte sont calculées à l'échelle des services. La carte de la variable « dénivelé » à l'échelle des services est disponible en Annexe 4.B ;
 - Dans le cas où un service est sur plusieurs agences, hydroterritoires ou en partie en zone montagneuse, le critère contenant la plus grande longueur de réseau est attribué au service. La carte des hydroterritoires par services est disponible en Annexe 3.B ;
 - Dans le cas des mégaservices, les données SISPEA sont recalculées en respectant les consignes de calcul SISPEA de chaque indicateur [www.eaufrance.fr] ;
 - Dans le cas des communes appartenant à plusieurs services et attribuées à un seul service, les variables de patrimoine sont corrigées par extrapolation pour correspondre à la longueur de réseau indiquée dans SISPEA.

Cette méthode est appliquée indépendamment aux données SIG collectées et aux données SIG modélisées. Pour les données SIG collectées, la base créée contient 1339 services représentant 11 258 communes pour une longueur totale de 347 348 km. Considérant les inconnues sur le patrimoine, cette base contient peu de données pour le traitement statistique. C'est pourquoi l'utilisation des données SIG modélisées est privilégiée, la base de données patrimoine-performance contenant **6021 services représentant 22 005 communes et 582 108 km.**

Les services faisant partie des bases de données patrimoine-performance sont représentés sur la carte de la Figure 2.

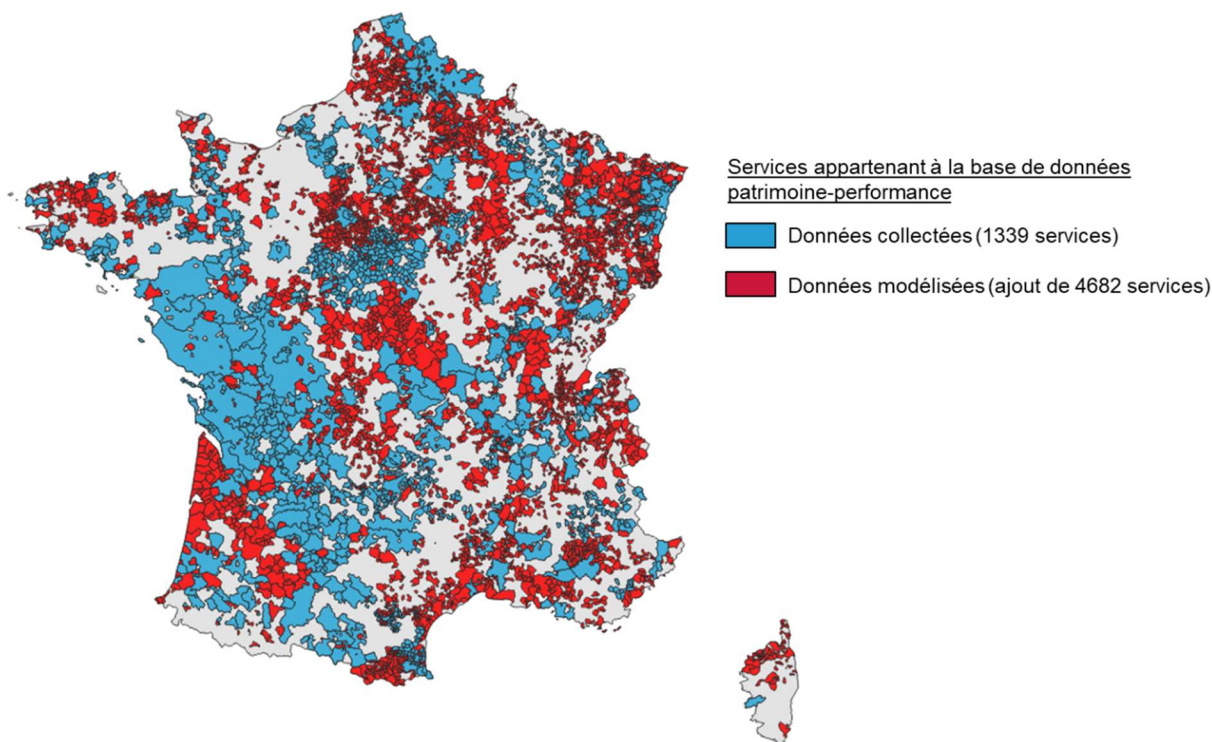


Figure 2 : Cartographie des services des bases de données patrimoine-performance

2.5.2. Tri des données

Cette phase de traitement a pour objectif de supprimer les valeurs extrêmes de la base de données patrimoine-performance. Ces données qui sont très différentes de la majorité des valeurs sont soit suspectes, soit reflètent des particularités locales. Elles ne sont pas conservées car elles ont un trop gros impact sur les modèles statistiques.

Les seuils des critères présentés dans le Tableau 2 ont été établis d'après la distribution des valeurs rencontrées, le détail de la méthode employée pour les déterminer est disponible en Annexe 5.

Tableau 2 : Critères de sélection des services

	Critère de suppression des services	Nombre de services supprimés
IVNC	IVNC < 0.2 m ³ /km/j	91
	IVNC > 21 m ³ /km/j	103
VNC/N	VNC/N < 2.5 m ³ /abonné/an	59
	VNC/N > 260 m ³ /abonné/an	74
Nombre d'abonnés	N > 120 000	14
Longueur	L > 4500 km	6

Après l'application des 6 critères, 313 services sont écartés (certains services ne respectent pas plusieurs critères), la base de données patrimoine-performance contient donc finalement **5708 services, soit 484 579 km** de longueur de réseaux d'eau potable.

2.6. Représentativité de l'échantillon étudié et création de sous-échantillons

Sélectionner les services pour lesquels les données de performance et de patrimoine sont renseignées entraîne une sélection des plus « gros services ». A titre d'exemple, au sein de la base SISPEA 2016, 50 % des services renseignent la longueur de réseau, or la somme des longueurs renseignées est égale à 690 000 km soit près de 80 % de la longueur estimée au niveau national (875 000 km).

Néanmoins, la base de données contient une grande majorité de « petits » services et une faible proportion de « gros » services (comme le montre la Figure 3). Il apparaît dans de nombreux résultats que les services de grande taille se distinguent des services de petite taille, de par leur patrimoine, leur performance, leur contexte et les relations entre ces paramètres.

C'est pourquoi l'échantillon est divisé en quatre sous-échantillons contenant le même nombre d'individus, créés selon la longueur de réseau des services. Le quartile contenant les plus gros services (Q4) représente à lui-seul 80,5 % du VNC total alors que le quartile contenant les plus petits services (Q1) représente seulement 0,2 % du VNC total. La Figure 3 représente de manière schématique les quatre quartiles et les échantillons associés :

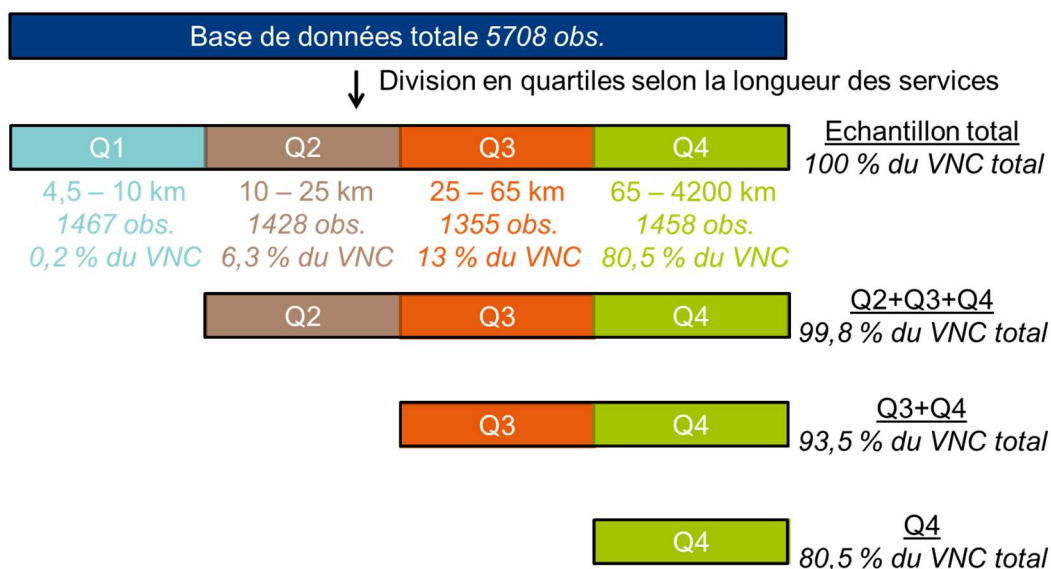


Figure 3 : Représentation schématique de la création des 4 sous-échantillons

Dans la suite de ce rapport, les 4 échantillons présentés seront parfois étudiés séparément.

3. Résultats de l'étude des données à l'échelle des services

3.1. Liens entre les paramètres de patrimoine et les paramètres de contexte

3.1.1. Relation entre les paramètres de patrimoine

Dans l'objectif d'étudier les relations entre la performance et le patrimoine, intéressons-nous d'abord aux relations entre les paramètres de patrimoine. En effet, les matériaux sont aussi corrélés aux diamètres et aux périodes de pose, comment le montre les tableaux ci-dessous.

Tableau 3 : Coefficients de corrélation entre les proportions de matériaux et de périodes de pose (échantillon total)

		Matériaux (L/L _{tot} (%))					
		PVC	PVCV	PVCR	F	FG	FD
Périodes de pose (L/L _{tot} (%))	≤ 1965	-0,29	-0,12	-0,39	0,24	0,55	-0,21
	1965 - 1980	0,58	0,65	0,11	-0,55	-0,53	-0,25
	> 1980	-0,30	-0,57	0,33	0,32	-0,07	0,52

Tableau 4 : Coefficients de corrélation entre les proportions de matériaux et de diamètres (échantillon total)

		Matériaux (L/L _{tot} (%))					
		PVC	PVCV	PVCR	F	FG	FD
Diamètres (L/L _{tot} (%))	≤ 50	0,78	0,79	0,29	-0,74	-0,51	-0,54
	60 – 100	-0,24	-0,25	-0,07	0,20	0,38	-0,10
	≥ 125	-0,56	-0,56	-0,22	0,55	0,18	0,60

Ces corrélations montrent que les périodes de pose antérieures à l'année 1965 correspondent aux fontes grises, les périodes de pose comprises entre 1965 et 1980 correspondent aux PVCV et les périodes de pose postérieures à 1980 correspondent en grande partie aux FD et en moindre partie aux PVCR. Les diamètres inférieurs à 50

mm correspondent aux PVC et les diamètres supérieurs à 125 mm correspondent majoritairement aux fontes. Ces résultats sont repris dans le graphique de la Figure 4. Ce graphique représente les proportions de chaque matériau dans chaque classe de diamètre, calculées sur les données collectées pour lesquelles on possède cette information (1615 observations).

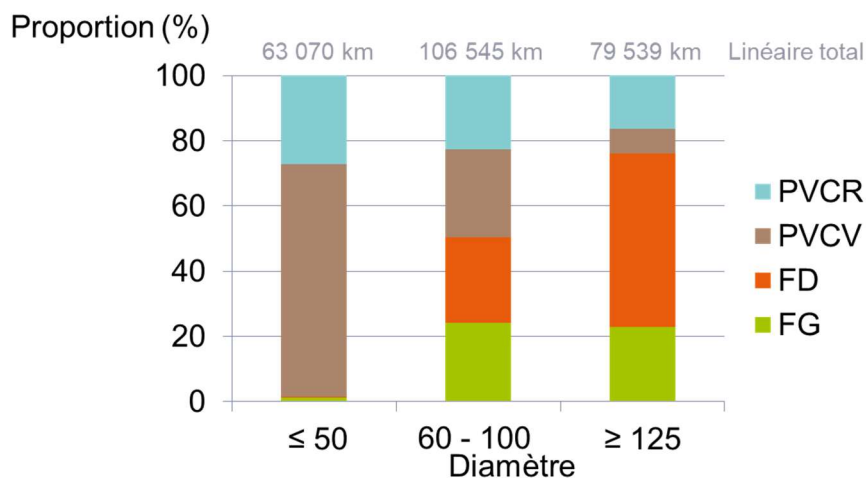


Figure 4 : Part de matériaux dans chaque classe de diamètres calculées sur les données SIG collectées

Ce graphique est intéressant car il montre que si l'on étudie les diamètres inférieurs à 50 mm, alors seul le matériau PVC est représenté et les diamètres supérieurs à 125 mm sont majoritairement représentés par la fonte. Si seuls les diamètres compris entre 60 et 125 mm sont considérés alors les proportions de chaque matériaux sont les mêmes.

3.1.2. Relation entre les paramètres de patrimoine et l'urbanisation

Les matériaux et diamètres sont également liés aux paramètres de contexte tels que l'urbanisation. Les proportions de matériau fonte et PVC varient selon le caractère urbain ou rural (Figure 5).

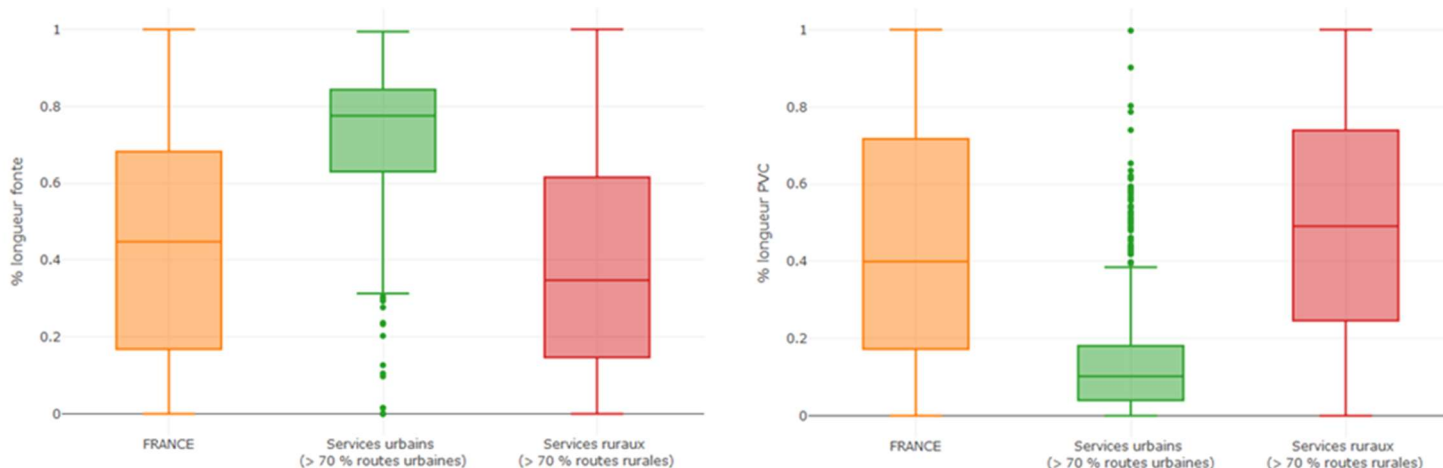


Figure 5 : Distribution des proportions de fonte et de PVC selon le caractère urbain ou rural

La proportion de fonte est beaucoup plus grande dans les services urbains et celle en PVC beaucoup plus faible. De plus, les proportions de gros diamètres dépendent aussi du caractère urbain ou rural (Figure 6).

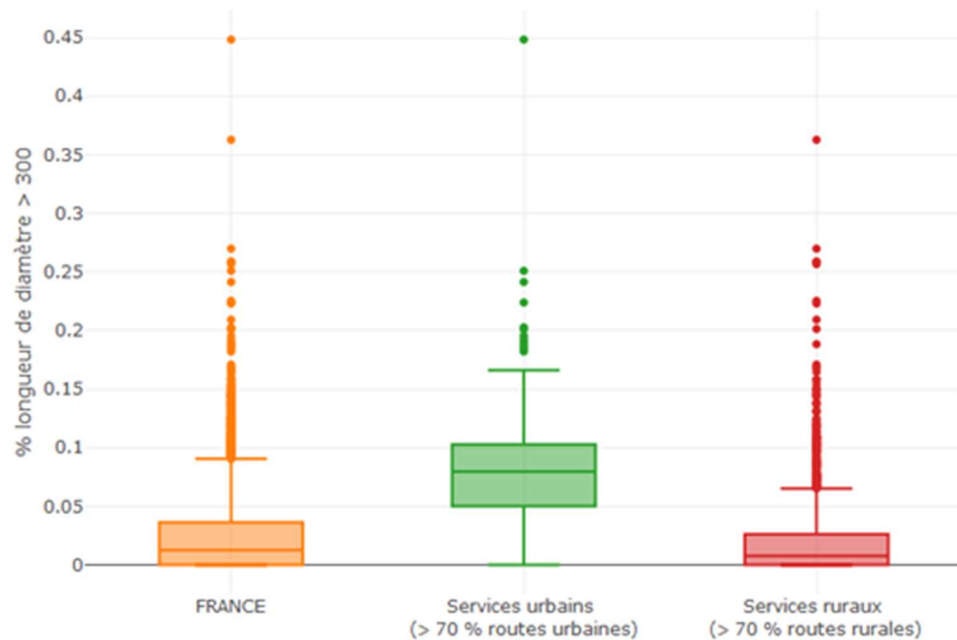


Figure 6 : Distribution des proportions de diamètres supérieurs à 300 mm selon le caractère urbain ou rural

Les services très urbanisés ont donc en commun une plus grande proportion de fonte et de diamètres supérieurs à 300 mm et une plus faible proportion de PVC.

3.1.3. Caractéristiques patrimoniales des hydroterritoires

On étudie ensuite les proportions de fonte ($\frac{L_F}{L}$) et de PVC ($\frac{L_{PVC}}{L}$) selon les hydroterritoires (Figure 7).

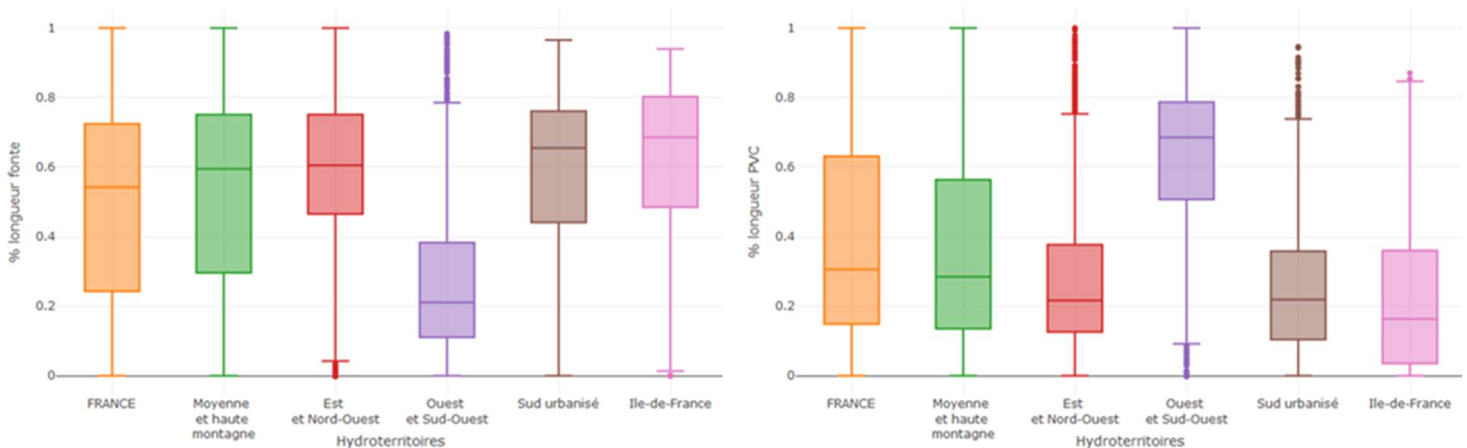


Figure 7 : Distribution des proportions de fonte et de PVC dans les 5 classes d'hydroterritoires

Les proportions de fonte sont bien plus faibles dans les départements d'Ouest et du Sud-Ouest (médiane à 20 % de fonte) et celles de PVC bien plus élevées (médiane à 68 % de PVC) que dans les autres hydroterritoires et sur la France entière (médianes à 54 % de fonte et 31 % de PVC). L'étude des distributions des proportions de période de pose antérieure à 1945 ($\frac{L_{PP<19}}{L}$) montre aussi des disparités (Figure 8).

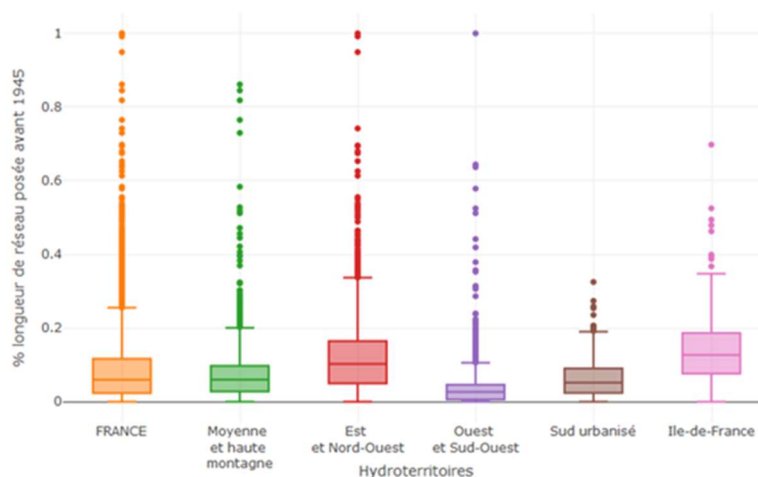


Figure 8 : Distribution des proportions de longueurs posées avant 1945 dans les 5 classes d'hydroterritoires

La Figure 9 montre les variations de contexte par hydroterritoire. A gauche, la proportion de routes urbaines et à droite, le dénivelé.

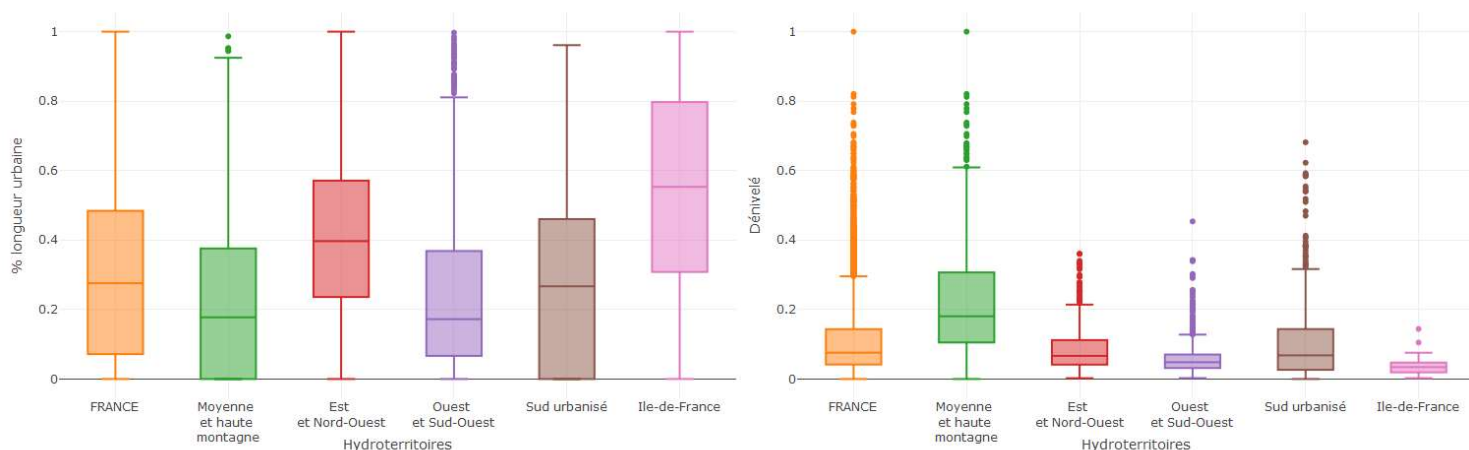


Figure 9 : Distribution des proportions d'urbain et du dénivelé dans les 5 classes d'hydroterritoires

La figure de gauche montre que les départements de l'Ouest et du Sud-Ouest sont moins urbanisés que la moyenne nationale, mais c'est aussi le cas des départements en moyenne et haute montagne, pour lesquels le dénivelé est bien plus grand (figure de droite).

3.1.4. Influence de la taille du service sur le patrimoine

Les services de taille différente ont des patrimoines et des contextes différents. La distribution des proportions de fonte et de PVC est étudiée pour les 4 quartiles définis dans la partie 2.6 (Figure 10).

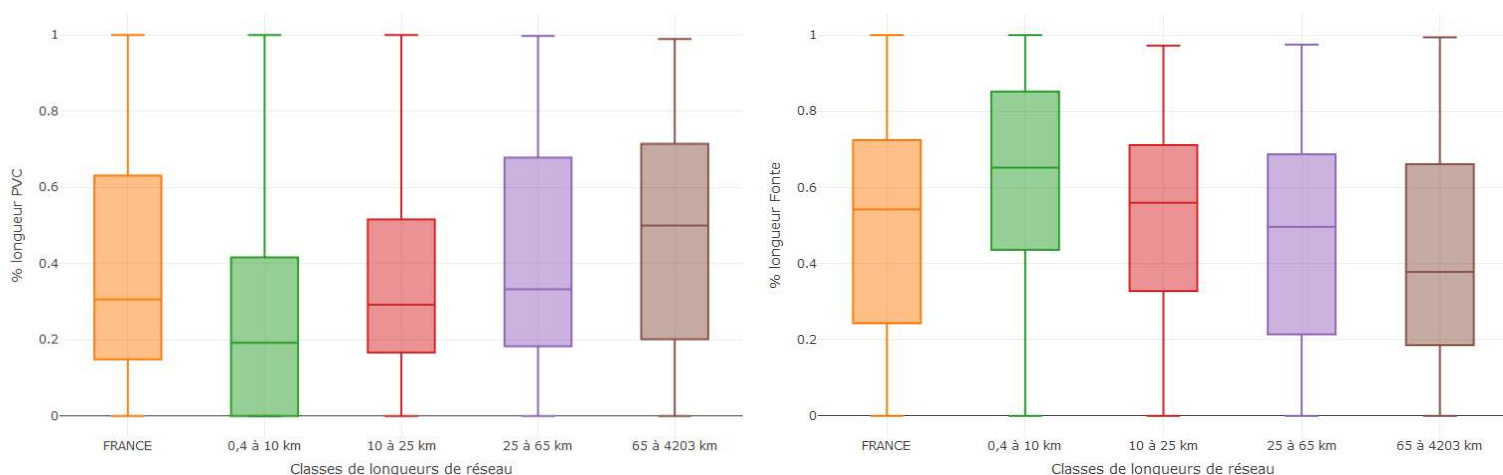


Figure 10 : Distribution des proportions de fonte et de PVC selon la taille des services

Plus la longueur de réseau est grande, plus la proportion de PVC est élevée et la proportion de fonte faible. Les médianes ne varient cependant qu'entre 0,2 et 0,5 pour la proportion de PVC et 0,4 et 0,7 pour la proportion de fonte.

3.2. Liens entre le VNC par abonné et par linéaire et le patrimoine et le contexte

3.2.1. Relation entre le VNC par abonné et par linéaire et le patrimoine

3.2.1.1. Etude des corrélations

L'IVNC

Les corrélations linéaires entre le patrimoine et la performance sont étudiées grâce à la fonction cor() de R. Les corrélations présentées dans les tableaux suivants sont calculées entre les proportions de longueurs par matériau, par diamètre et par période de pose et l'IVNC. Par exemple, la colonne « PVC » correspond à la corrélation linéaire entre la variable $\frac{L_{PVC}}{L}$ et l'IVNC, pour chaque échantillon de la partie 2.6. Les coefficients de corrélation entre les matériaux et l'IVNC sont présentés dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Coefficients de corrélation entre les proportions de matériaux et l'IVNC

	Matériaux (L/L_{tot} (%))					
	PVC	PVCV	PVCR	F	FG	FD
Echantillon total	- 0,35	- 0,35	- 0,14	0,32	0,11	0,36
Quartiles 2,3 et 4	- 0,47	- 0,46	- 0,24	0,45	0,24	0,47
Quartiles 3 et 4	- 0,54	- 0,53	- 0,31	0,53	0,33	0,53
Quartile 4	- 0,63	- 0,61	- 0,38	0,61	0,41	0,60

Tous les coefficients entre l'IVNC et le PVC sont négatifs et tous ceux entre l'IVNC et la fonte sont positifs. Les coefficients calculés sur l'échantillon entier sont cependant trop faibles pour être significatifs. Ceux calculés sur les services les plus gros sont plus élevés mais restent faibles, la proportion de PVC est corrélée négativement à l'IVNC et la proportion de fonte est corrélée positivement à l'IVNC, dans les services de plus de 65 km (Q4). Les coefficients de corrélation indiquent également que le PVCV est d'avantage corrélé à l'IVNC que le PVCR, mais on note aussi que le PVCV représente 66 % du PVC total, et on fait la même observation pour la FD qui représente 60 % de la fonte totale. Les mêmes calculs sont effectués sur les classes de diamètres (Tableau 6).

Tableau 6 : Coefficients de corrélation entre les proportions de diamètres et l'IVNC

	Diamètres (L/L_{tot} (%))		
	≤ 50	60 - 100	≥ 125
Echantillon total	- 0,35	0,11	0,25
Quartiles 2,3 et 4	- 0,44	0,16	0,38

Quartiles 3 et 4	- 0,50	0,21	0,45
Quartile 4	- 0,58	0,29	0,54

De même que pour les matériaux, les résultats sont intéressants seulement sur les services de plus de 65 km, et les coefficients de corrélation doivent encore être interprétés avec beaucoup de précaution puisqu'ils sont inférieurs à 0,6. La proportion de diamètres inférieurs à 50 mm est corrélée négativement à l'IVNC alors que la proportion de diamètres supérieurs à 125 mm est corrélée positivement à l'IVNC. Il ne faut pas négliger cependant le fait que les coefficients de corrélation atteignent à peine 0,6. Les mêmes calculs sont effectués sur les périodes de pose (Tableau 7).

Tableau 7 : Coefficients de corrélation entre les proportions de périodes de pose et l'IVNC

	Périodes de pose (L/L _{tot} (%))		
	≤ 1965	1965 - 1980	> 1980
Echantillon total	- 0,07	- 0,16	0,26
Quartiles 2,3 et 4	- 0,04	- 0,27	0,33
Quartiles 3 et 4	0,02	- 0,32	0,32
Quartile 4	0,09	- 0,37	0,31

Les coefficients de corrélation n'excédant pas 0,37, ils ne montrent pas de corrélation entre l'IVNC et les proportions de longueurs par périodes de pose.

Le VNC/N

L'étude des corrélations entre le patrimoine et le paramètre de performance VNC/N montre qu'aucun des coefficients de corrélation n'excède 0,2, même sur le quatrième quartile. Ce paramètre semble donc indépendant des caractéristiques du patrimoine des réseaux d'eau potable.

3.2.1.2. Etude des courbes cumulées : cumuls après classement décroissant des proportions

Les courbes sont tracées de la manière suivante : les services sont classés par proportions décroissantes du premier matériau et le rang relatif (entre 0 et 1) du service est reporté en abscisses. En ordonnées, le cumul des VNC (ou IVNC ou VNC/N) est divisé par la somme totale des VNC (ou IVNC ou VNC/N). Les services sont ensuite reclassés par proportions décroissantes du deuxième matériau afin de tracer la deuxième courbe selon la même méthode. Cette méthode s'inspire des travaux de LORENZ sur la concentration des richesses [LORENZ, 1905]. On effectue ensuite la même démarche sur les diamètres.

La Figure 11 représente les courbes pour les paramètres VNC, IVNC et VNC/N et pour les deux matériaux fonte (en bleu) et PVC (en rouge).

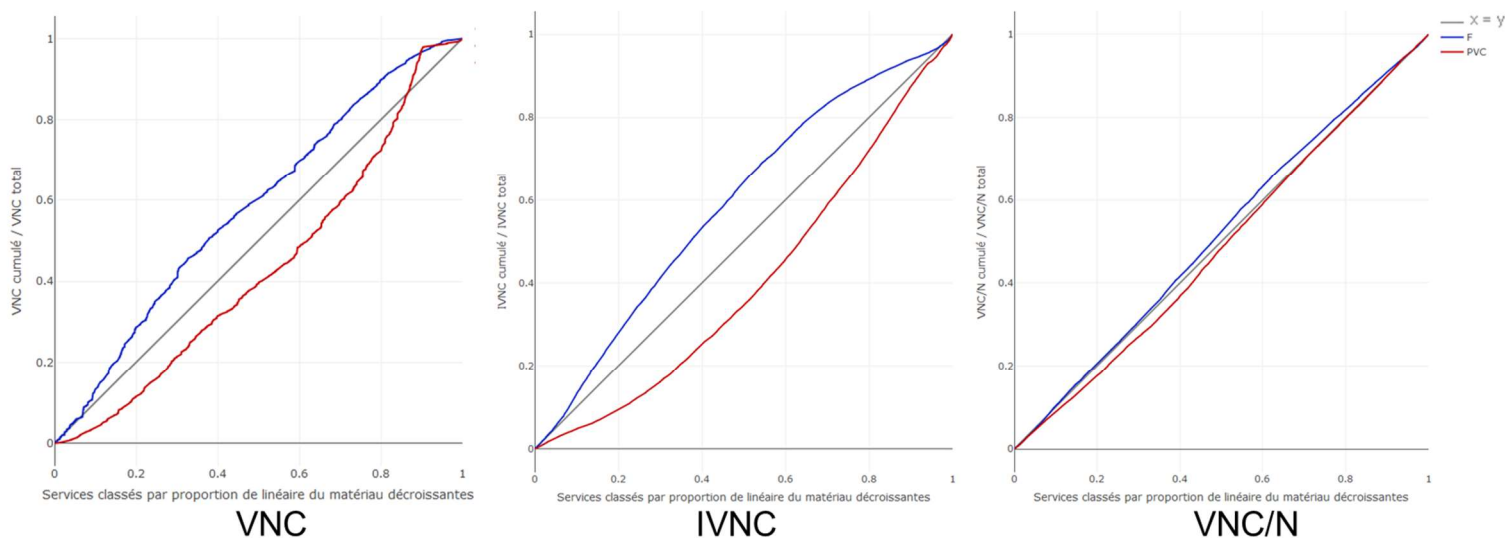


Figure 11 : Courbes cumulées (classement décroissant) sur les matériaux fonte et PVC

D'une part, les VNC et les IVNC s'accumulent de manière différente sur les grandes et les petites proportions de matériau et, d'autre part, ils s'accumulent de manière différente selon le matériau fonte ou PVC. Cependant, le matériau ne semble avoir qu'une très faible influence sur le paramètre VNC/N.

La Figure 12 représente les mêmes courbes obtenues pour les classes de diamètres, qui sont différentes des classes utilisées dans les autres parties du rapport (orange : ≤ 50 mm, vert : ≥ 100 mm, rouge : ≥ 200 mm et violet : ≥ 300 mm).

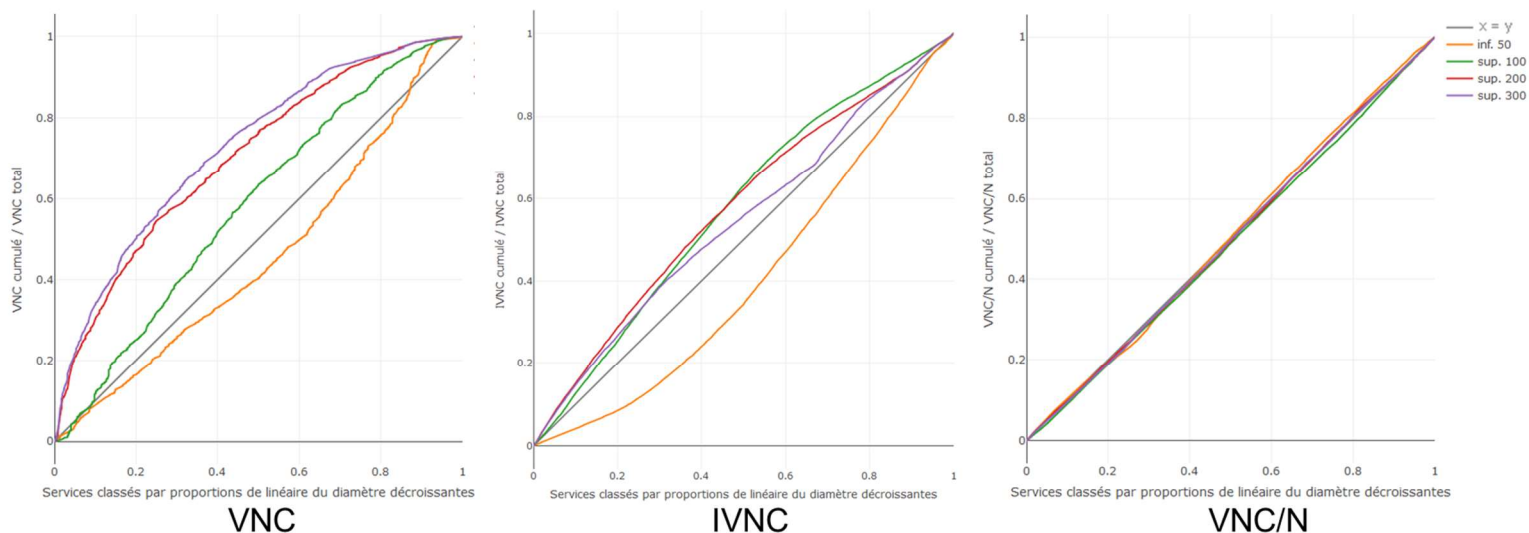


Figure 12 : Courbes cumulées (classement décroissant) sur les diamètres

Les courbes « diamètres inférieurs à 50 mm » et « diamètres supérieurs à 100 mm » sont proches des courbes obtenues avec le PVC et la fonte respectivement pour les trois paramètres de performance. L'étude des diamètres croissants (≥ 100 mm, ≥ 200 mm et ≥ 300 mm) montre que l'accumulation des VNC est de plus en plus accentuée avec l'augmentation de la taille des diamètres, ce qui n'est pas le cas pour l'accumulation des IVNC.

Ces courbes témoignent de l'importance de l'effet de la taille du réseau observée sur le VNC, moins visible sur l'IVNC, et qui n'est pas observé lorsqu'on s'intéresse au VNC/N.

Une autre méthode de cumuls des données après classement croissant des proportions a été testée et est présentée en annexe 6. Cette méthode a uniquement permis de confirmer que les proportions de matériaux fonte et PVC ont une influence sur l'accumulation des VNC mais n'apporte pas plus d'indications que les résultats précédents sur la nature de cette influence.

3.2.2. Relation entre le VNC par abonné et par linéaire et le contexte

3.2.2.1. Influence du mode de gestion

Le Tableau 8 reporte les moyennes et médianes des critères de performance IVNC et VNC/N pour les deux modes de gestion « délégation » et « régie ».

Tableau 8 : Paramètres de performance en fonction du mode de gestion

		Délégation (2023 services)	Régie (3636 services)
IVNC (m ³ /km/j)	Médiane	2.5	2.6
	Moyenne	3.6	3.9
VNC/N (m ³ /an/N)	Médiane	33.3	38.2
	Moyenne	38.8	49.1

Bien que la moyenne des VNC/N soit plus élevée en régie, la différence reste modérée et le mode de gestion ne sera pas un critère déterminant pour la suite de l'étude.

3.2.2.2. Influence de l'urbanisation

L'étude des ILP renseignés dans SISPEA de 2013 à 2015 a montré qu'en moyenne sur ces 3 années, les ILP sont plus élevés dans les services urbains que les services ruraux [BAZI, 2017], cette partie étudie la répartition des IVNC et des VNC/N en fonction du caractère urbain ou rural des services.

Les boîtes à moustache présentées dans la suite du rapport doivent être lues comme indiqué sur la Figure 13 :

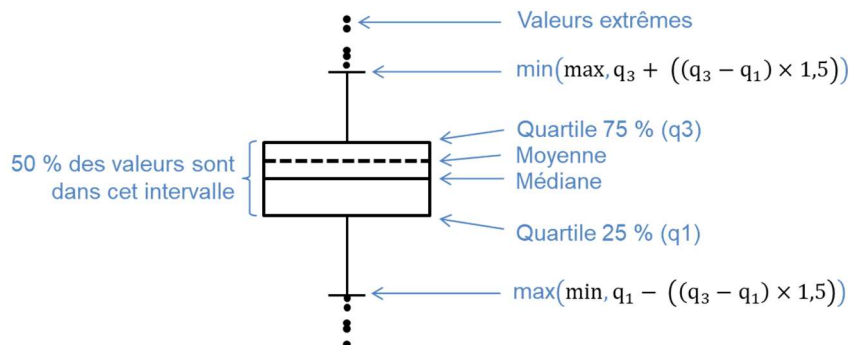


Figure 13 : Interprétation d'une boîte à moustache

La distribution des IVNC selon le caractère urbain ou rural des services est représentée sur la Figure 14. Les services possédant plus de 70 % de routes urbaines sont qualifiés d'urbains (520 services) et les services possédant plus de 70 % de routes rurales sont qualifiés de ruraux (3029 services). La boîte orange de la Figure 14 représente la France entière.

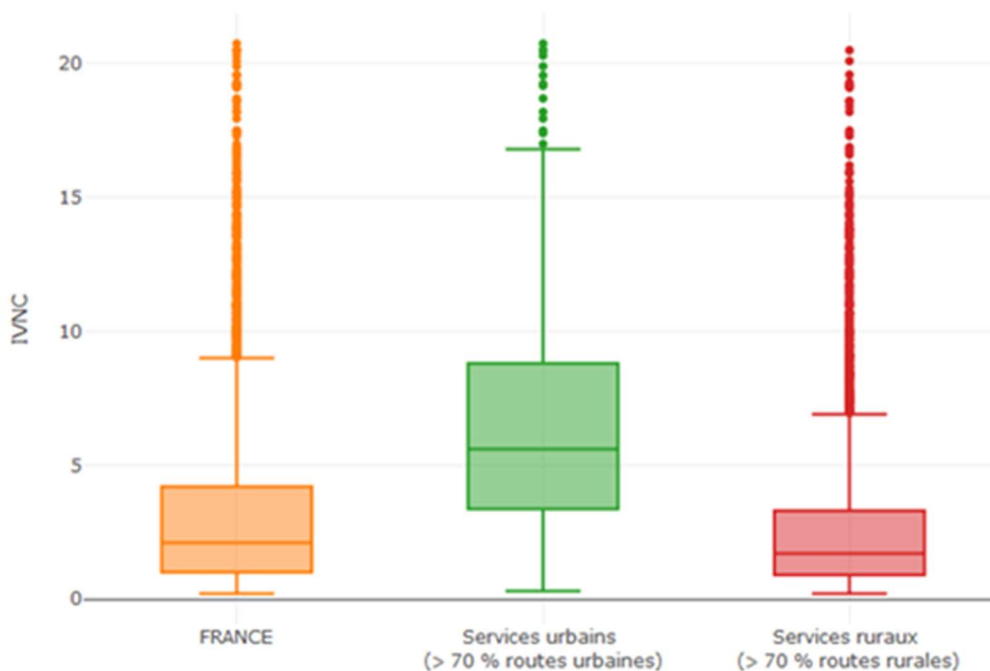


Figure 14 : Distribution des IVNC selon le caractère urbain ou rural

La médiane pour les services urbains (5,6 m³/km/j) est bien supérieure à celle des services ruraux (1,7 m³/km/j).

A contrario, on constate que la distribution du VNC/N ne dépend pas du caractère urbain ou rural, les boîtes à moustache représentant le VNC/N en fonction du caractère urbain ou rural sont disponibles en annexe 7.

3.2.2.3. Influence des hydroterritoires

On s'intéresse à la distribution des IVNC dans les 5 classes d'hydroterritoires.

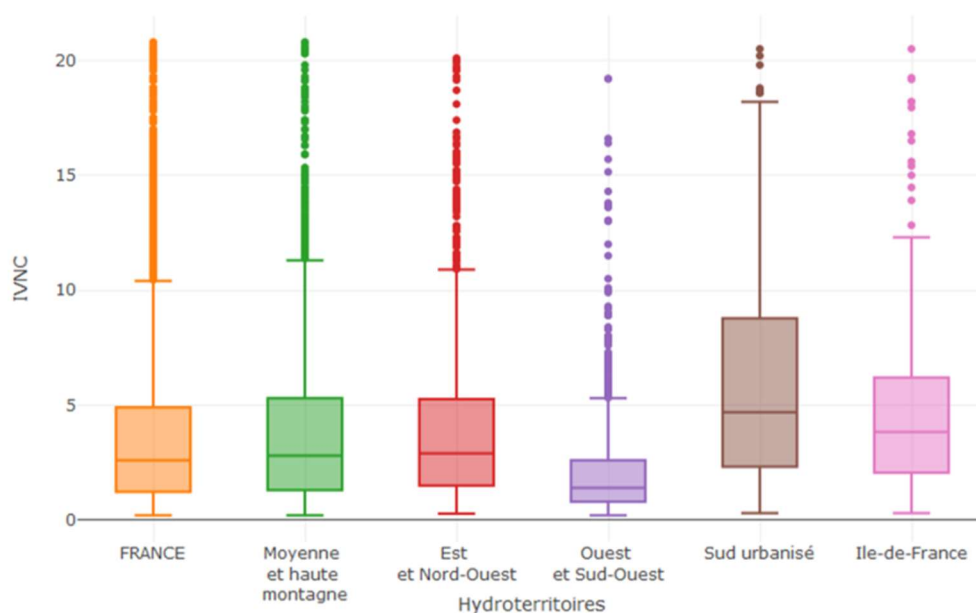


Figure 15 : Distribution de l'IVNC (en m³/km/j) dans les 5 classes d'hydroterritoires

On constate que la médiane des IVNC dans les départements d'Ouest et du Sud-Ouest (1,4 m³/km/j) est plus faible que sur les autres hydroterritoires et la France entière où la médiane est de 2,6 m³/km/j.

Les départements de l'Ouest et du Sud-Ouest se distinguent donc du reste de la France par des IVNC plus faibles, des plus grandes proportions de PVC et des plus faibles proportions de fonte, une plus faible proportion de périodes de pose antérieures à 1945 et une faible urbanisation.

Le critère VNC/N ne montre pas de variations selon les hydroterritoires, les boîtes à moustache représentant le VNC/N en fonction des hydroterritoires sont disponibles en annexe 7. Les mêmes tendances (IVNC, proportions de fonte et de PVC) sont observées si on s'intéresse aux agences, les médianes des IVNC des agences Loire-Bretagne et Adour-Garonne étant plus faibles que la médiane à l'échelle nationale. Les boîtes à moustache des paramètres IVNC, VNC/N, proportion de fonte et longueur posée avant 1945 en fonction des 6 agences de l'eau sont disponibles en annexe 7.

3.2.3. Relation entre le VNC et les paramètres de contexte

La distribution des IVNC et des VNC/N varie peu selon la taille des services, mais le VNC est un paramètre qui dépend de certains paramètres de taille du service, comme le montrent les coefficients de corrélation du Tableau 9.

Tableau 9 : Coefficients de corrélation entre le VNC et les paramètres de contexte

	Longueur totale	Population	Nombre d'abonnés	Surface urbaine	Routes urbaines	Routes rurales
VNC	0.64	0.82	0.81	0.80	0.82	0.46

Le VNC est d'avantage corrélé au nombre d'abonnés et à la population qu'à la longueur de réseau. Il est corrélé aux routes urbaines et surfaces urbaines mais peu corrélé aux routes rurales et surfaces rurales.

3.2.4. Synthèse sur les liens entre les paramètres de performance, de contexte et de patrimoine

L'étude des coefficients de corrélations a montré que :

- Les matériaux, les diamètres et les périodes de pose sont liés entre eux ;
- Les services urbains ont de plus grandes proportions de fonte et des plus grands IVNC que les services ruraux ;

- Les services dans l'ouest et le sud-ouest de la France ont de plus grandes proportions de PVC, de moins grandes proportions de canalisations posées avant 1945 et des IVNC plus faibles que les autres hydroterritoires ;
- L'IVNC et le VNC/N dépendent peu du mode de gestion ;
- Le VNC/N n'est pas corrélé aux paramètres de patrimoine et de contexte ;
- Les diamètres supérieurs à 100 et les FD sont corrélés positivement à l'IVNC ;
- Les diamètres inférieurs à 50 et les PVCV sont corrélés négativement à l'IVNC ;
- Il n'y a pas de relation simple entre l'IVNC et les périodes de pose.

L'étude des courbes cumulées a montré que :

- Les VNC et les IVNC s'accroissent de manière différente en fonction du matériau (PVC ou fonte) pris en compte pour le classement des proportions, et le même résultat est observé avec les diamètres. Cependant, ces courbes ne permettent pas de s'affranchir de l'effet de la taille du service ;
- Les VNC/N s'accroissent indépendamment du matériau et des diamètres.

Représenter les paramètres étudiés avec une analyse en composante principale (ACP) permet de visualiser rapidement les corrélations linéaires entre les paramètres d'intérêt.

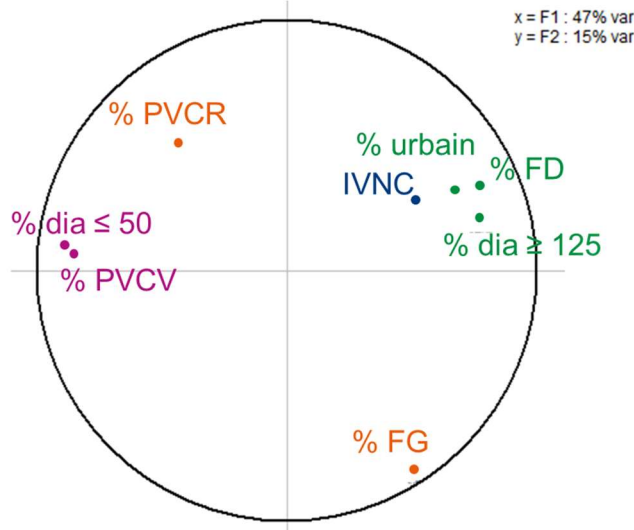


Figure 16 : Représentation ACP des corrélations entre le patrimoine, la performance et le contexte

On retrouve ainsi dans la Figure 16 que les proportions de diamètres supérieurs à 100, les proportions de fonte ductile, les proportions de routes urbaines et l'IVNC sont corrélés linéairement. Les proportions de diamètres inférieurs à 50 mm et les proportions de PVCV sont corrélées entre elles et sont corrélées négativement à l'IVNC.

L'IVNC est très corrélé à l'urbanisation, c'est d'ailleurs pour cela que les référentiels classiques d'ILP sont proposés selon des classes d'urbanisme [RENAUD, 2009]. Les paramètres de patrimoine liés à l'urbanisation sont donc liés à l'IVNC.

3.3. Modélisation de l'IVNC, du VNC et du VNC/N

3.3.1. Modélisation de l'IVNC

3.3.1.1. Méthode de classification ascendante hiérarchique

La méthode utilisée pour réaliser les classes de la partie 3 est la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). La classification est ascendante car à la situation initiale, il y a autant de classes que d'individu, puis les individus sont regroupés selon leur similarités jusqu'à obtenir le nombre de classes désiré [CHESSEL, 2004].

Dans le cas des matériaux, les classes sont réalisées selon leurs similarités de proportions de matériaux « fonte » et « PVC » et l'échantillon est séparé en 20 classes. Seuls les services possédant au moins 80 % de longueur en fonte ou en PVC cumulées sont conservés (les services possédant plus de 20 % de matériau « Autres » sont écartés), soit 5131 services conservés.

L'IVNC et les proportions de fonte et de PVC sont recalculées pour les 20 classes. Pour l'étude des diamètres, la classification est faite selon les similarités de proportions de diamètres divisées en 3 groupes (inférieur à 50 mm, entre 60 et 100 mm, supérieur à 125 mm). Tous les services sont conservés et l'échantillon est regroupé en 20 classes.

3.3.1.2. Résultats sur les matériaux

La Figure 17 représente l'IVNC en fonction de la proportion de fonte. Sur le graphique de gauche, les points bleus correspondent à l'ensemble des services et les points orange aux 20 classes créées, les points orange sont reportés sur le graphique de droite.

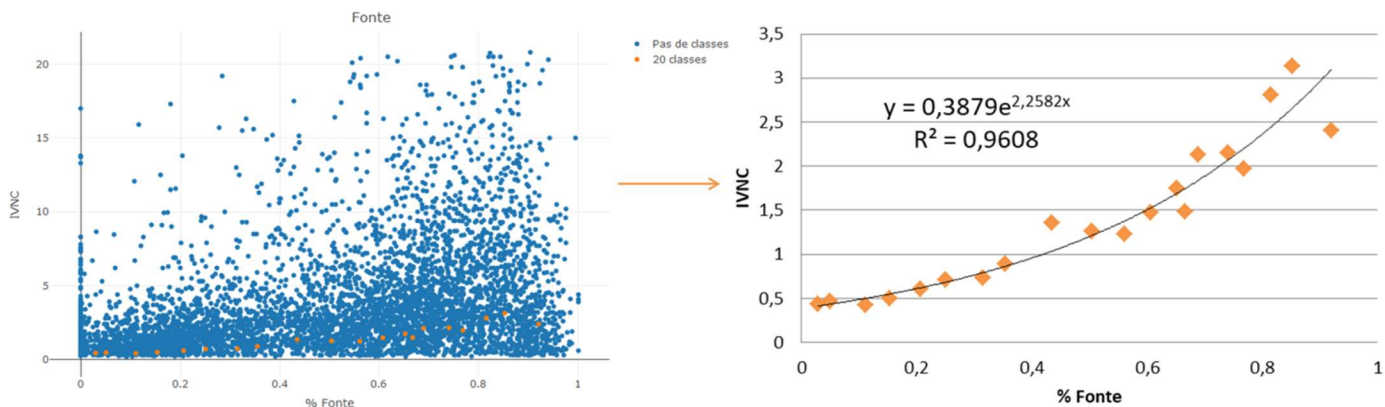


Figure 17 : IVNC en fonction de la proportion de fonte après CAH

Sans classes, aucune relation entre l'IVNC et la proportion de fonte n'est détectable. Avec 20 classes, l'IVNC est lié à la proportion de fonte par une relation exponentielle. Les mêmes graphiques sont représentés pour les proportions de PVC sur la Figure 18.

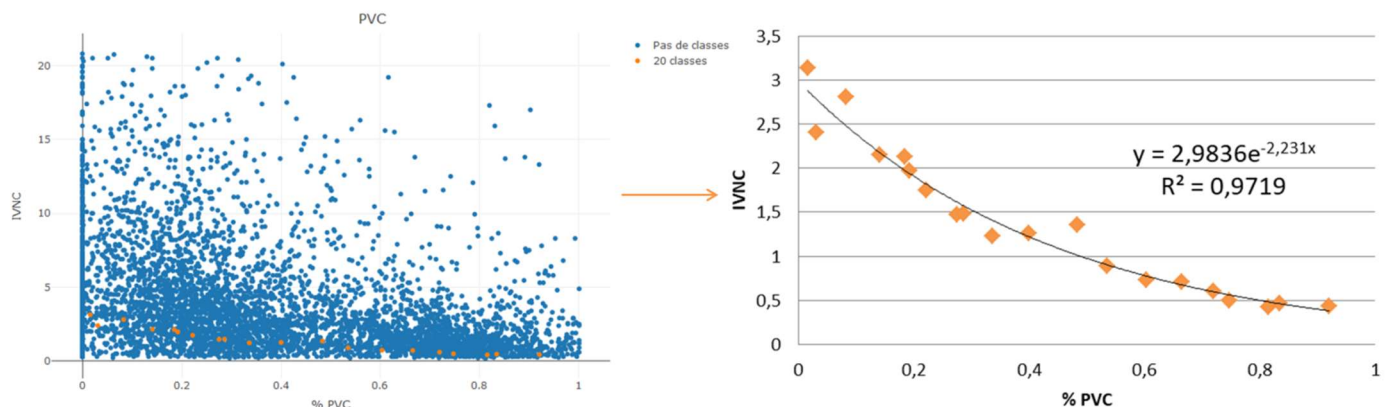


Figure 18 : IVNC en fonction de la proportion de PVC après CAH

L'IVNC est aussi lié à la proportion de PVC par une relation exponentielle qui est décroissante.

3.3.1.3. Résultats sur les diamètres

L'interprétation des résultats pour les diamètres est plus délicate. Les résultats sont reportés sur la Figure 19 pour les trois classes de diamètres.

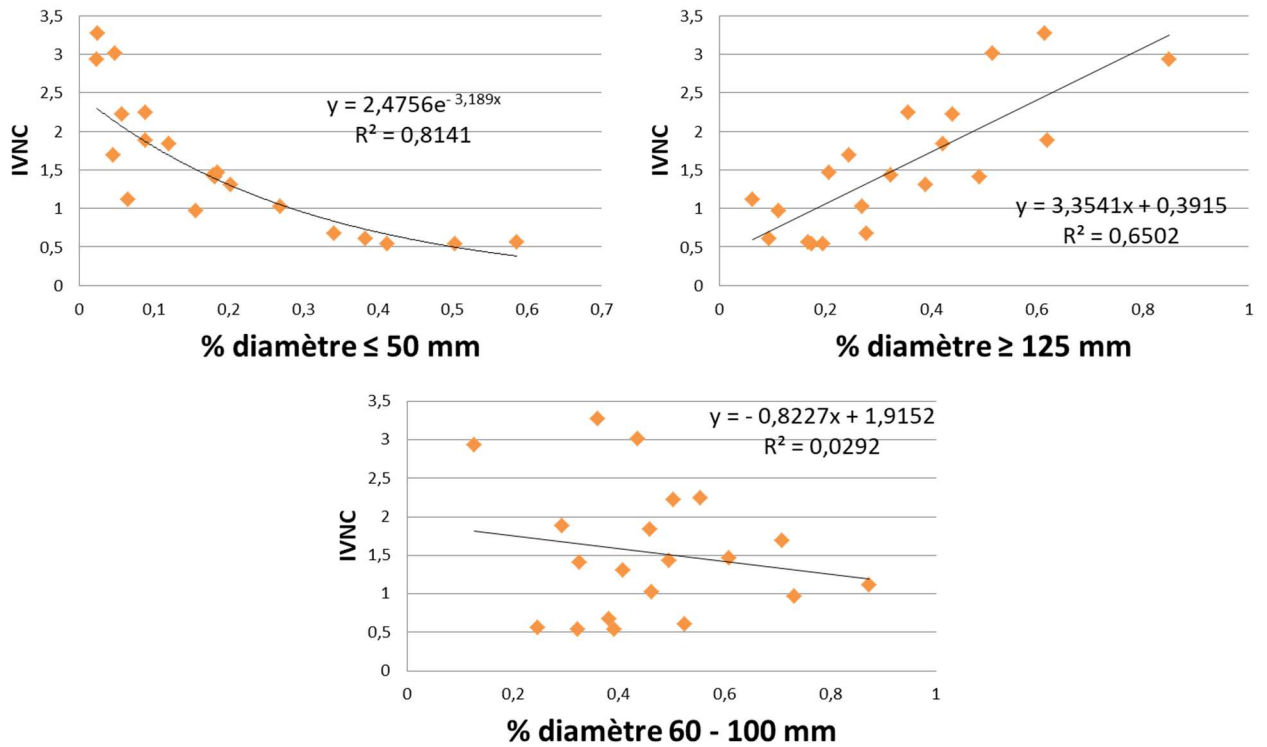


Figure 19 : IVNC en fonction des proportions de diamètres (<50, 50 à 100, >100) après CAH

La relation exponentielle entre l'IVNC et les proportions de diamètres inférieurs à 50 mm est proche de celle obtenue pour les proportions de PVC, ce qui est cohérent sachant que les canalisations de diamètres inférieurs à 50 mm sont quasiment exclusivement en PVC. La relation entre les diamètres supérieurs à 125 mm et l'IVNC est croissante et linéaire, le fait que l'on ne retrouve pas la relation exponentielle comme dans le cas de la fonte peut s'expliquer par le fait que les diamètres supérieurs à 125 mm comprennent 75 % de fonte et 25 % de PVC. Il n'y a pas de relation entre les diamètres compris entre 60 et 100 mm et l'IVNC.

Connaissant ces résultats, il paraît judicieux de modéliser le logarithme de l'IVNC en fonction des proportions de matériaux, mais sans la création de classes, ces modèles fournissent une prédiction médiocre de l'IVNC.

3.3.2. Modélisation du VNC et du VNC/N

Plusieurs modèles linéaires et exponentiels sont testés afin de modéliser le VNC, et un modèle linéaire permet de modéliser le logarithme de VNC/N. Le détail de la création et du calage de ces modèles est présenté dans le rapport intermédiaire publié en décembre 2019 [MERLET, 2019] et est repris en annexe 8. Le tableau ci-dessous présente de manière synthétique les 5 modèles testés, leurs points fort et leurs limites.

Tableau 10 : Inventaire des modèles testés

Modèle	Points forts et limites
<p><u>Modèle linéaire</u></p> $VNC = 21,6 \times N + 0,7 \times L_{FG} + 2,0 \times L_{FD} + 0,02 \times L_{PVCV} - 0,7 \times L_{PVCR} + 0,6 \times L_{autres}$	<p><u>Points forts</u></p> <p>Modèle le plus simple</p> <p><u>Limites</u></p> <p>Le VNC modélisé peut être négatif ;</p> <p>La validation croisée montre un fort déséquilibre entre agences</p>

Modèle	Points forts et limites
<p><u>Modèle exponentiel utilisant les longueurs par matériau</u></p> $VNC = \left(\begin{array}{c} 81,3 \times N + 5,8 \times L_{FG} + 8,2 \times L_{FD} + 2,5 \times L_{PVCV} + 1,7 \times L_{PVCR} \\ + 7,3 \times L_{autres} \\ -2,5 \times AELB - 2,2 \times AEAG - 2,3 \times AE(AP-SN) - 2,0 \times AERM - 2,0 \times AERMC \\ + 0,9 \times \frac{Routes_{urbaines}}{Routes} + 0,2 \times \text{Dénivelé}_{[0,1]} \end{array} \right) \times e$	<p><u>Points forts</u> Apport d'éléments de contexte (agences de l'eau, urbanisation, dénivelé) qui affinent le modèle</p> <p><u>Limites</u> La validation croisée montre un déséquilibre entre agences ; Coefficients non stables en fonction de l'échantillon</p>
<p><u>Modèle exponentiel utilisant les proportions par matériau</u></p> $VNC = 38,7 \times N \left(\begin{array}{c} -0,2 \times \frac{L_{FG}}{L_{tot}} - 0,05 \times \frac{L_{FD}}{L_{tot}} + 0,5 \times \frac{L_{PVCV}}{L_{tot}} - 1,3 \times \frac{L_{PVCR}}{L_{tot}} \\ -1,0 \times AELB + 0,3 \times AEAG + 0,2 \times AE(AP-SN) + 0,6 \times AERM + 0,4 \times AERMC \\ -0,2 \times \frac{Routes_{urbaines}}{Routes} + 0,2 \times \text{Dénivelé}_{[0,1]} \end{array} \right) \times e$	<p><u>Points forts</u> Variables de patrimoine indépendantes de la longueur</p> <p><u>Limites</u> La validation croisée montre un déséquilibre entre agences ; Les modèles exponentiels sont difficiles à caler</p>
<p><u>Modèle avec modulation sur le nombre d'abonnés</u></p> $VNC = \beta_{0,t} : \text{taille} + \beta_1 \times N + N \times \left(\begin{array}{c} \beta_2 \times \frac{L_{FG}}{L} + \beta_3 \times \frac{L_{FD}}{L} + \beta_4 \times \frac{L_{PVCV}}{L} + \beta_5 \times \frac{L_{PVCR}}{L} \\ + \beta_6 \times \frac{L_{dia[60-100]}}{L} + \beta_7 \times \frac{L_{dia[\geq 125]}}{L} \\ + \beta_8 \times \frac{Routes_{urbaines}}{Routes} + \beta_9 \times \text{Dénivelé}_{[0,1]} \end{array} \right) : \text{territoire} *$ <p>* 6 territoires définis à partir des hydroterritoires et des agences de l'eau</p>	<p><u>Points forts</u> Validation croisée plus satisfaisante que les autres modèles ; Prise en compte des longueurs par diamètres</p> <p><u>Limites</u> Très grand nombre de paramètres</p>
<p><u>Modélisation du VNC/N</u></p> $\ln \left(\frac{VNC}{N} \right) = \beta_{0,i[1;6]} : (\text{territoire} ** \text{ et taille}) + 0,37 \times \frac{L_{FD}}{L} - 0,34 \times \frac{L_{PVCR}}{L} - 0,17 \times \frac{L_{dia[\geq 125]}}{L} - 0,17 \times \frac{Routes_{urbaines}}{Routes} + 1,25 \times \text{Dénivelé}_{[0,1]}$ <p>** 3 territoires définis à partir des hydroterritoires et des agences de l'eau</p>	<p><u>Points forts</u> Modélisation du VNC/N permet de s'affranchir de l'effet de la taille du service</p> <p><u>Limites</u> Prédictions négatives du VNC</p>

La modélisation du VNC et du VNC/N a montré que :

- Le VNC est très corrélé au nombre d'abonnés ;
- Le patrimoine et le contexte permettent d'améliorer le modèle de prédiction du VNC en moindre mesure par rapport au nombre d'abonnés ;
- Les modèles montrent de grandes disparités selon les agences de l'eau ou les différents territoires et ne permettent pas de conclure sur l'influence du patrimoine sur le VNC ou le VNC/N.

3.4. Etude de l'ICGP45

3.4.1. La base de données d'étude de l'ICGP45

La base SISPEA fournit l'Indice de Connaissance et de Gestion du Patrimoine (ICGP) à l'échelle des services. A partir de l'ICGP sur 120 points, un nouvel indicateur ICGP45 est défini sur 45 points. Pour construire l'ICGP45, seuls les 45 premiers points de l'ICGP sont pris en compte :

- 15 points pour l'existence d'un plan de réseau et sa mise à jour ;

- 10 points si les matériaux et les diamètres sont connus à au moins 50 % et un point supplémentaire par tranche de 10 % connus ;
- 10 points si les dates ou périodes de pose sont connues pour au moins 50 % et un point supplémentaire par tranche de 10 % connus.

Les données SIG collectées donnent accès, pour les communes possédant un SIG, au niveau de connaissance du patrimoine et permet de calculer l'ICGP45 directement à partir du SIG.

Les services de la base SISPEA 2016 ayant renseigné l'ICGP45 sont sélectionnés et cette base de données est croisée avec la base de données SIG collectées. Seuls les services composés de communes appartenant à un seul service et dont les données SIG collectées recouvrent au moins 90 % de la longueur de réseau indiquée dans la base SISPEA sont retenus. Cela permet de comparer les ICGP45 renseignés dans SISPEA et calculés à partir des SIG de 761 services, soit 116 844 km de canalisations.

3.4.2. Comparaison des ICGP45 calculés à partir des SIG et de la base SISPEA

On fait l'hypothèse que les services dont le SIG a été collecté possèdent les 15 points pour l'existence et la mise à jour du plan de réseau. Les résultats obtenus sur les 761 services étudiés sont synthétisés dans le Tableau 11 :

Tableau 11 : Comparaison des ICGP45 renseignés dans SISPEA et des ICGP45 calculés avec les SIG

	Renseignement de l'ICGP120 dans la base SISPEA (%)	Moyenne ICGP45 (nombre de points)		Part de services possédant un ICGP45 supérieur à 40 (%)	
		SISPEA 2016	SIG	SISPEA 2016	SIG
Loire-Bretagne	63,7	42.46	36.1	94.6	51.0
Adour-Garonne	46,5	39.82	31.47	89.2	32.4
Artois-Picardie	75,8	42.44	35.67	100	55.5
Rhin-Meuse	54,6	42.67	42.84	94.7	87.7
Seine-Normandie	47,1	42.41	35.16	96.8	44.2
Rhône-Méditerranée-Corse	42,8	40.08	33.89	86.2	40.8
National	50,1	41.52	35.31	92.5	47.3

Les informations sont contradictoires : alors que les bases SISPEA indiquent que plus de 90 % des services ont un ICGP45 supérieur à 40 à l'échelle nationale, les données SIG indiquent qu'un peu moins de 50 % des services atteignent ce score. Notons que l'échantillon étudié ne regroupe que les services pour lesquels un SIG est disponible. La valeur d'ICGP45 moyen indiquée est donc probablement une surestimation de la réalité car elle ne prend pas en compte les services ne possédant pas de SIG dont la connaissance des réseaux est vraisemblablement plus lacunaire.

3.5. Synthèse sur les résultats à l'échelle des services

L'étude du lien entre l'IVNC et le patrimoine a permis de montrer une influence du matériau et du diamètre sur les pertes par linéaire. Aucune influence du patrimoine sur les pertes par abonné n'a été mise en évidence. Il est difficile d'affiner les relations et d'étudier l'influence des dates de pose sur la performance, notamment pour les raisons suivantes :

- Les biais sur les données SIG : les canalisations récentes sont mieux connues que les anciennes ;
- La fiabilité interrogée de certaines données : la comparaison des ICGP45 renseignés dans SISPEA et calculés à partir des SIG donne des résultats différents ;
- L'hétérogénéité des territoires étudiés.

Les données étudiées à l'échelle des services ne sont pas homogènes, les petits services sont surreprésentés et certains départements ne sont pas représentés. Environ la moitié des services renseignent les indicateurs de performance et ce sont généralement ceux qui ont une meilleure connaissance de leurs réseaux.

Analyser les données de patrimoine et de performance à l'échelle des secteurs devrait permettre une plus grande fiabilité des données sur le patrimoine et les débits. De plus, les données seront plus homogènes (même exploitant, patrimoines semblables...), permettant de s'affranchir de certains éléments de contexte.

4. Traitement des données à l'échelle des secteurs

4.1. Présentation des données et traitements effectués

Les données étudiées à l'échelle des secteurs hydrauliques ont été fournies par la cellule d'assistance technique à l'eau potable (CATEP) du département de la Gironde ou directement par les collectivités. On distingue les trois groupes de données suivants : les données de compteur (entrée–sortie des secteurs), les données d'interventions et les données SIG, qui sont traitées indépendamment avant d'être regroupées. Toutes ces données sont étudiées à l'échelle du secteur.

156 secteurs ont été sélectionnés répartis sur **11 collectivités** distributrices d'eau potable de Gironde.

Le diagramme de la Figure 20 représente de manière schématique les étapes de traitement des données et de création des bases de données regroupant les paramètres de performance et de patrimoine. Les parties 4.2 à 4.7 détaillent les étapes de traitement des données.

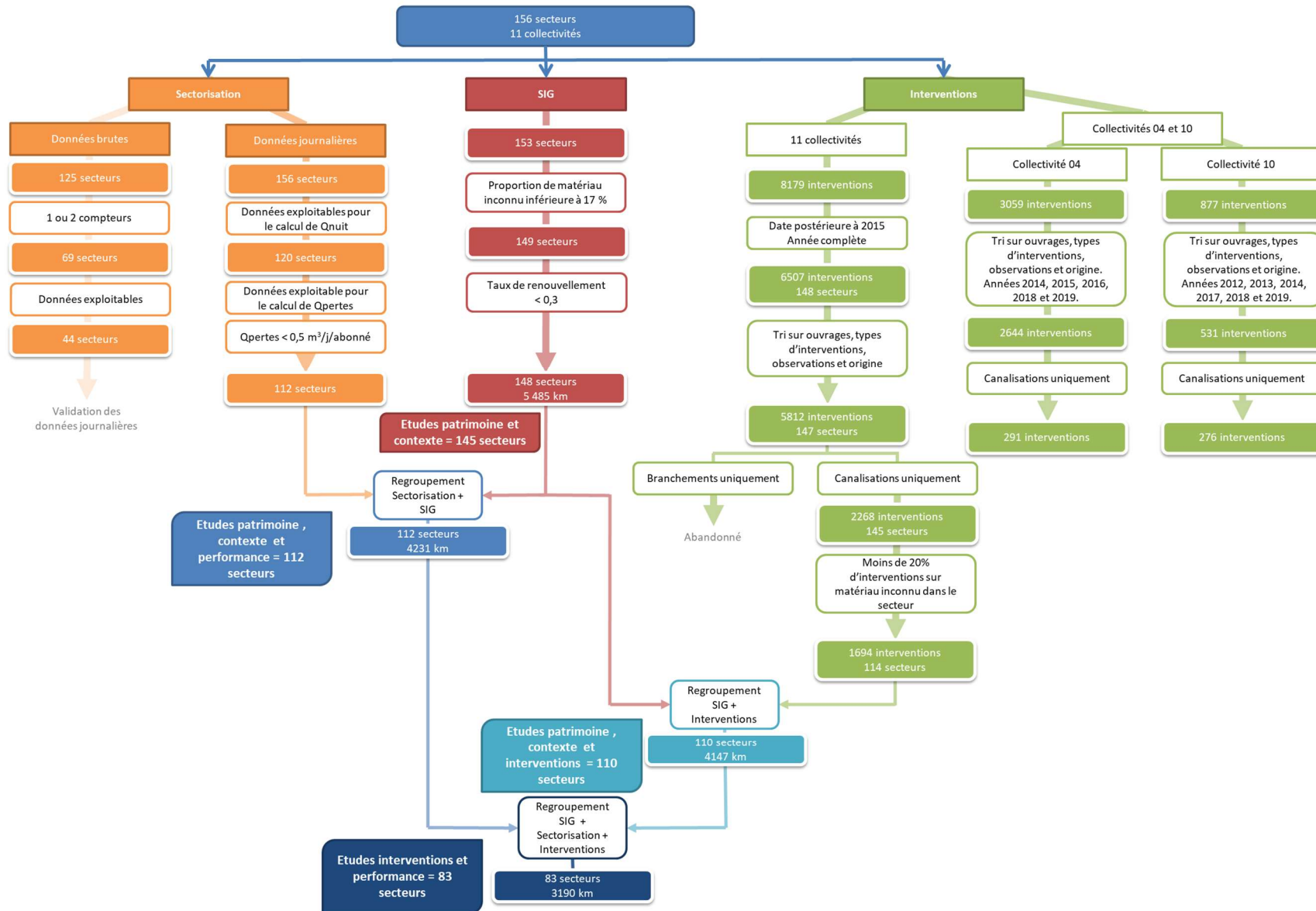


Figure 20 : Etapes du traitement des données à l'échelle des secteurs

4.2. Les données de compteur

4.2.1. Étapes du traitement des données de compteur

Les données de compteur sont disponibles sous deux formes :

- Les données brutes qui correspondent aux index des compteurs au pas de temps 15 minutes ou 1 heure, à partir desquelles on calcule un débit journalier (Q_{moy}) et un débit nocturne (Q_{nuit}) ;
- Les données journalières qui correspondent à une valeur de Q_{moy} et de Q_{nuit} par secteur et par jour, fournies par la CATEP, qui permettent de calculer un débit de pertes journalier par secteur (Q_{pmoy}).

Le graphique ci-dessous synthétise les étapes du traitement des données :

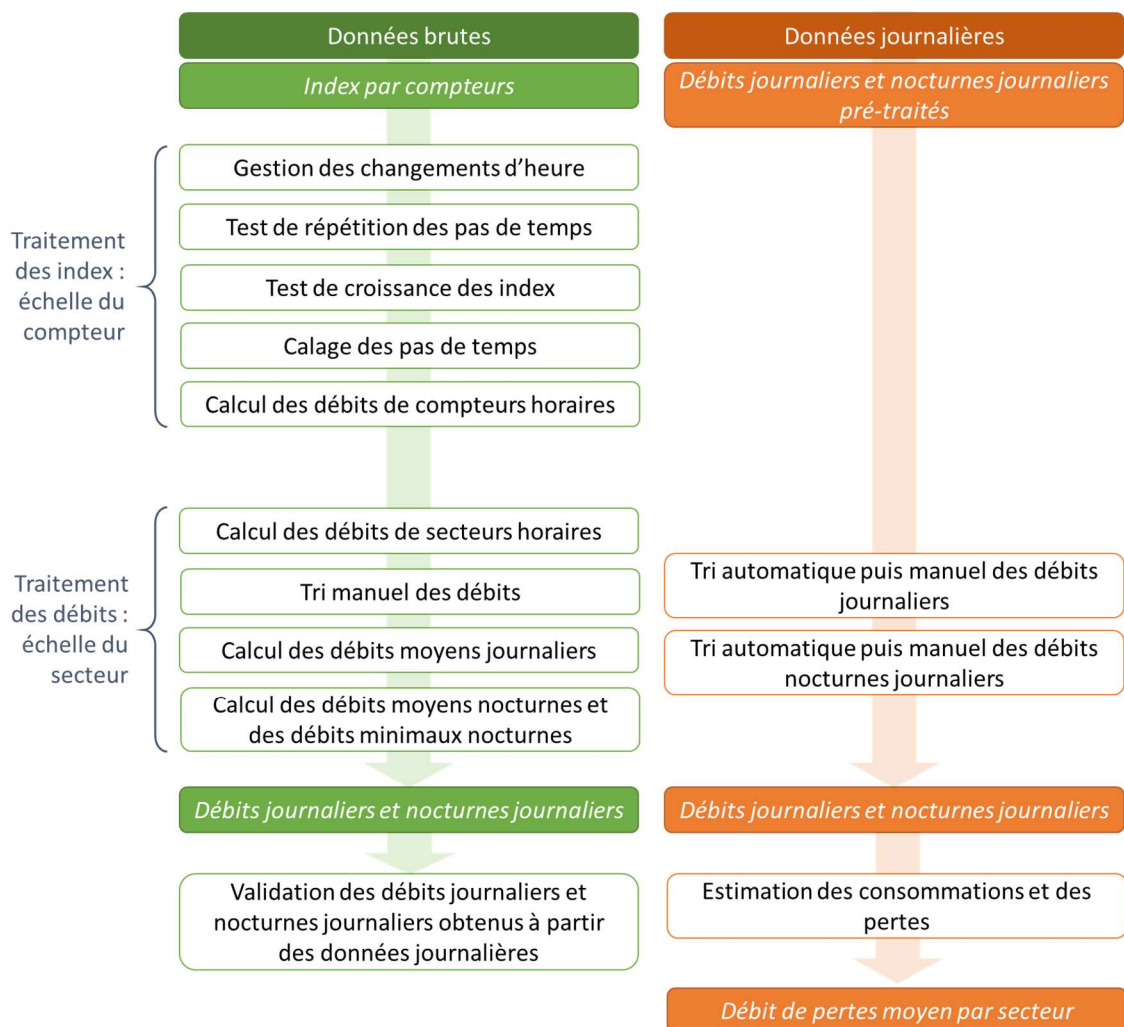


Figure 21 : Étapes de traitement des données brutes et journalières

Les étapes de traitement des données de compteur brutes s'inspirent des travaux effectués sur l'efficacité des actions de réduction des pertes des réseaux d'AEP [CHOLET, 2017] et [CHOLET, 2018], elles sont présentées en annexe 9 et les étapes de traitement des données de compteurs journalières en annexe 10.

Les débits bruts ont permis la validation des données journalières fournies par la CATEP, la comparaison des débits obtenus d'après les données brutes et ceux obtenus d'après les données journalières est disponible en annexe 11. Par la suite seules les débits moyens journaliers et les débits nocturnes journaliers sont utilisés pour l'estimation des consommations et des pertes.

4.2.2. Calcul des débits de pertes

4.2.2.1. Méthode d'estimation des pertes

L'objectif est d'estimer le débit de pertes moyen de chaque secteur, connaissant les débits journaliers et nocturnes journaliers de chaque secteur.

Hypothèse de consommation nocturne proportionnelle

La méthode utilisée est la méthode « à consommation nocturne proportionnelle » [RENAUD, PILLOT, 2012]. Cette méthode s'appuie sur l'hypothèse que la consommation nocturne est proportionnelle à la consommation moyenne journalière, formulée comme suit pour une journée j :

$$QCnuit_j = \alpha_0 \times Qcmoy_j$$

Avec α_0 le coefficient de consommation nocturne du secteur, supposé constant. Pour cette étude, α_0 a été estimé par 4 méthodes différentes exposées ci-après.

Estimation de α_0

o Méthode « référence » (évaluation à partir de ratio globaux)

Le volume consommé moyen nocturne est, en moyenne, $QCnuit_{moyen} = 0,002 \text{ m}^3/\text{h}/\text{abonné}$ et le volume consommé moyen journalier est $Qcmoy_{j,moy} = 0,0137 \text{ m}^3/\text{h}/\text{abonné}$ (correspondant à $120 \text{ m}^3/\text{an}/\text{abonné}$). Ces valeurs fournissent la valeur moyenne de $\alpha_0 = 0,15$.

Les secteurs étudiés sont répartis sur 16 services répertoriés dans la base SISPEA. La base SISPEA fournit pour chaque année, le volume consommé comptabilisé par service en m^3/an ($QCsispea_{an}$ en m^3/an). On peut alors affiner l'estimation de $Qcmoy_j$ (en $\text{m}^3/\text{h}/\text{N}$) pour le secteur :

$$Qcmoy_{SISPEA} = \frac{QCsispea_{an}}{Nsispea} \times N \times \frac{1}{365 \times 24}$$

Où $Nsispea$ est le nombre d'abonnés du service et N le nombre d'abonnés du secteur.

On en déduit $\alpha_{0,ref an}$ pour chaque année :

$$\alpha_{0,ref an} = \frac{Qcmoy_{SISPEA}}{QCnuit_{moyen}}$$

Les données SISPEA n'étant pas encore connues pour l'année 2019, $QCsispea_{2019} = QCsispea_{2018}$.

o Méthode 1 (méthode annuelle)

Pour chaque année on calcule le débit nocturne moyen du secteur déduit des débits nocturnes journaliers ($Qnuit_{an}$ en m^3/h) :

$$Qnuit_{an} = \frac{\sum_{j=1}^{365} Qnuit_j \times \delta_j(j)}{\sum_{j=1}^{365} \delta_j(j)}$$

Et le débit journalier moyen du secteur ($Qmoy_{an}$ en m^3/h) :

$$Qmoy_{an} = \frac{\sum_{j=1}^{365} Qmoy_j \times \delta_j(j)}{\sum_{j=1}^{365} \delta_j(j)}$$

Le coefficient $\alpha_{0,1 an}$ est estimé pour chaque année d'après la formule suivante :

$$\alpha_{0,1 an} = \frac{Qnuit_{an} - \beta_0 \times (Qmoy_{an} - Qcmoy_{SISPEA})}{Qcmoy_{SISPEA}}$$

o Méthode 2 (minimisation de l'écart-type des pertes)

Cette méthode consiste à minimiser l'écart-type des pertes [PILLOT, 2014]. Le coefficient $\alpha_{0,2 an}$ s'exprime alors :

$$\alpha_{0,2 an} = \frac{-\left(b_{an} + \frac{2a_{an}}{\beta_0}\right)}{2c_{an} + \frac{b_{an}}{\beta_0}}$$

Avec les constantes a, b et c calculées pour chaque année selon les formules suivantes :

$$a_{an} = n_{an} \times \sum_{j \in an} Q_{nuit j}^2 - \left(\sum_{j \in an} Q_{nuit j} \right)^2$$

$$b_{an} = -2n_{an} \times \sum_{j \in an} (Q_{nuit j} \times Q_{moy j}) + 2 \times \sum_{j \in an} Q_{nuit j} \times \sum_{j \in an} Q_{moy j}$$

$$c_{an} = n_{an} \times \sum_{j \in an} Q_{moy j}^2 - \left(\sum_{j \in an} Q_{moy j} \right)^2$$

○ **Méthode 3 (autre évaluation à partir de ratio globaux)**

La base SISPEA fournit l'IVNC (Indice des Volumes Non Comptabilisés) en m³/j/km. On en déduit le débit de pertes du service $QPsispea_{an}$ en m³/j :

$$QPsispea_{an} = IVNC \times Lsispea$$

Puis le débit de pertes du secteur $QPnuit_{jSISPEA}$ en l/h/N :

$$QPnuit_{jSISPEA} = \frac{QPsispea_{an}}{Nsispea} \times N \times \frac{1}{1000 \times 24}$$

Pour chaque année on calcule le débit nocturne moyen déduit des débits nocturnes journaliers ($Qnuit_{an}$ en m³/h) :

$$Qnuit_{an} = \frac{\sum_{j=1}^{365} Qnuit_j \times \delta_j(j)}{\sum_{j=1}^{365} \delta_j(j)}$$

Et enfin (tous les débits sont en m³/h) :

$$\alpha_{0,3 an} = \frac{Qnuit_{an} - QPnuit_{SISPEA}}{QCmoy_{SISPEA}}$$

Relation entre les pertes nocturnes et journalières

Pour une journée j , la relation entre la pression P et le débit de fuite QP peut être exprimé de la façon approchée suivante :

$$\frac{QPnuit_j}{QPmoy_j} = \frac{Pnuit_j}{Pmoy_j}$$

En émettant l'hypothèse que les pressions sont proportionnelles, on peut écrire :

$$\beta_0 = \frac{QPnuit_j}{QPmoy_j}$$

Avec β_0 le coefficient de pertes nocturnes supposé constant. Les secteurs étudiés sont situés en Gironde où la topographie est plutôt douce. Les variations de pression ne sont donc pas aussi grandes qu'elles peuvent l'être en zone montagneuse. Sans plus d'indications sur les pressions nocturnes et journalières pour les services de distribution pure bien dimensionnés, β_0 est fixé égal à 1 [GOURLAOUEN, 2016].

Coefficient journalier de débit nocturne, rendement journalier du secteur et équations du secteur

Le coefficient journalier de débit nocturne γ_j est défini comme suit :

$$\gamma_j = \frac{Qnuit_j}{Qmoy_j}$$

Et le rendement de secteur RS_j :

$$RS_j = \frac{QCmoy_j}{Qmoy_j}$$

Calcul des consommations et des pertes

On peut alors écrire :

$$RS_j = \frac{\beta_0 - \gamma_j}{\beta_0 - \alpha_0}$$

On en déduit $QCmoy_j$:

$$QCmoy_j = RS \times Qmoy_j$$

Puis $QCnuit_j$:

$$QCnuit_j = \alpha_0 \times QCmoy_j$$

Et enfin les débits de perte $QPmoy$ et $QPnuit$:

$$QPmoy_j = Qmoy_j - QCmoy_j$$

$$QPnuit_j = Qnuit_j - QCnuit_j$$

Sachant que $\beta_0 = 1$, $QPmoy_j = QPnuit_j$.

A partir des débits de pertes journaliers, on calcule un débit de pertes moyen par secteur :

$$QPmoy_{an} = \frac{\sum_{j=1}^{365} QPmoy_j \times \delta_j(j)}{\sum_{j=1}^{365} \delta_j(j)} \text{ puis } QPmoy = \frac{\sum_{an=2016}^{2019} QPmoy_{an} \times \delta_{an}(an)}{\sum_{an=2016}^{2019} \delta_{an}(an)}$$

On en déduit les indicateurs suivants :

$$\frac{QPmoy}{N} = \sum_{an} \frac{QPmoy_{an}}{N_{an}} \text{ et } \frac{QPmoy}{L} = \sum_{an} \frac{QPmoy_{an}}{L_{an}}$$

4.2.2.2. Valeurs des α_0 et calcul des QPmoy

Pour chaque secteur, les α_0 sont estimés selon les quatre méthodes. La valeur de α_0 est généralement de l'ordre de 0,15 et en général α_0 varie peu d'une année à l'autre pour un même secteur. Les valeurs de α_0 estimées avec les 4 méthodes sont synthétisées ci-dessous (on rappelle que les coefficients de l'année 2019 sont toujours égaux à ceux de l'année 2018 en raison de l'absence de données SISPEA pour l'année 2019).

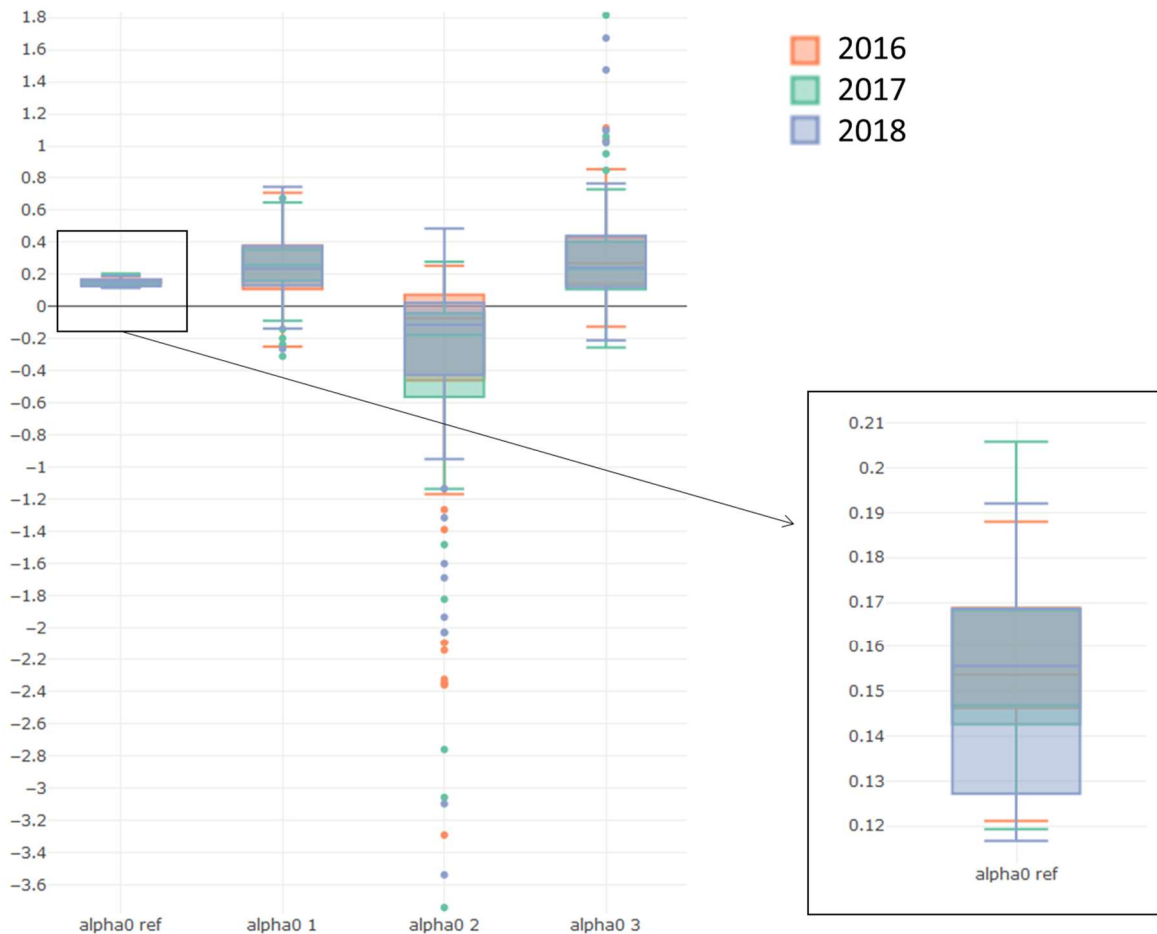


Figure 22 : Distribution des valeurs de α_0 pour les 4 méthodes et les 3 années étudiées

La méthode d'estimation de α_0 ne peut pas être appliquée dans 2 cas : si alpha est négatif, ou si alpha est tellement grand qu'il implique des pertes négatives. Le Tableau 12 présente combien de fois ces cas de figure se présentent par méthode et par secteurs.

Tableau 12 : Estimation des α_0 pour les 4 méthodes sur les 116 secteurs

	Méthode applicable	Alpha0 est négatif	Les pertes sont négatives
Méthode référence	105	0	10
Méthode 1	18	13	72
Méthode 2	5	102	6
Méthode 3	16	15	72

La méthode référence est celle qui permet de calculer le plus grand nombre de Q_{pmoy} (105 Q_{pmoy} calculés), c'est donc la méthode qui est retenue. Pour les 10 secteurs pour lesquels des pertes sont négatives, la valeur de α_0 est ajustée manuellement : la valeur choisie est la plus grande respectant la condition de positivité des débits. Les corrections effectuées sont synthétisées dans le tableau en annexe 12.

Les valeurs des Q_{pmoy} calculées par secteurs sont comparées aux valeurs des Q_{nuit} . Le graphique est disponible en annexe 13. Le rapport varie entre 0,47 et 0,94 et les rapports moyens varient d'une collectivité à l'autre.

4.2.3. Tri des débits de pertes

La distribution des débits de pertes moyens par abonné et par linéaire est représentée ci-dessous.

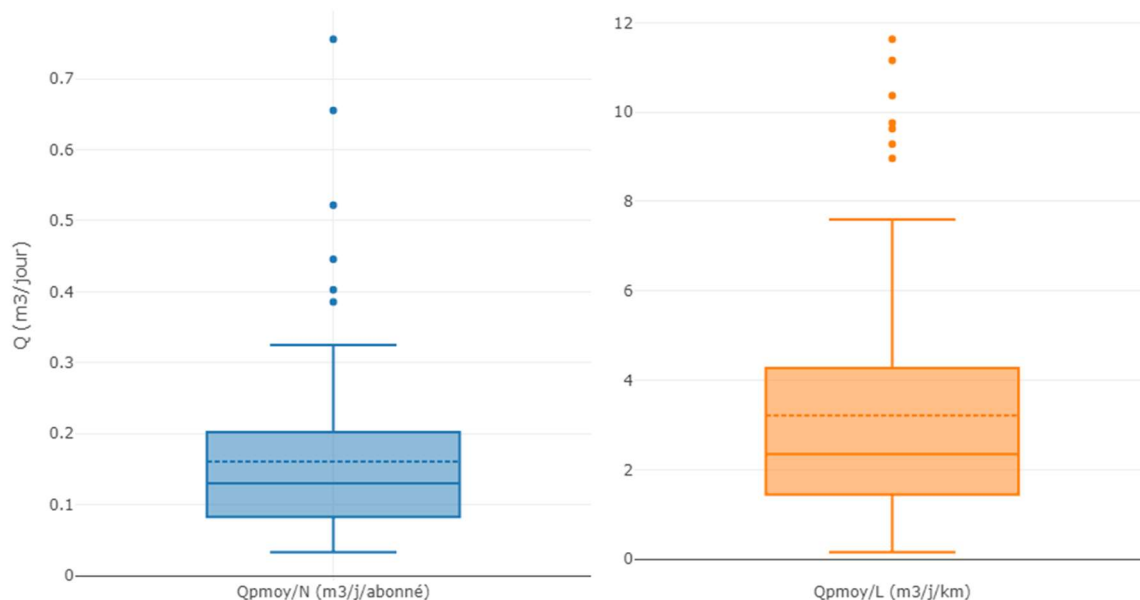


Figure 23 : Distribution des débits de pertes moyens par abonné et par kilomètre

Les 3 plus grands Q_p/N sont supprimés ($Q_p/N > 0.5$ m3/j/abonné).

4.3. Les données de patrimoine

4.3.1. Inventaire des données

Les données SIG des collectivités renseignent pour chaque tronçon :

- La longueur du tronçon ;
- Le matériau ;
- Le diamètre ;
- La date de pose ;
- Le secteur.

Les longueurs par matériau, par diamètre et par période de pose sont calculées par secteur.

Les matériaux sont regroupés en 4 classes : fonte, PVC, autre et inconnu.

Les diamètres et les périodes de pose sont regroupés en 7 classes qui correspondent à celles de la construction du dispositif permanent d'évaluation du patrimoine des réseaux d'eau potable [HUSSON, 2020], renseignées en annexe 1.

4.3.2. Tri des données

L'histogramme ci-dessous représente la proportion de linéaire de matériau inconnu par secteur.

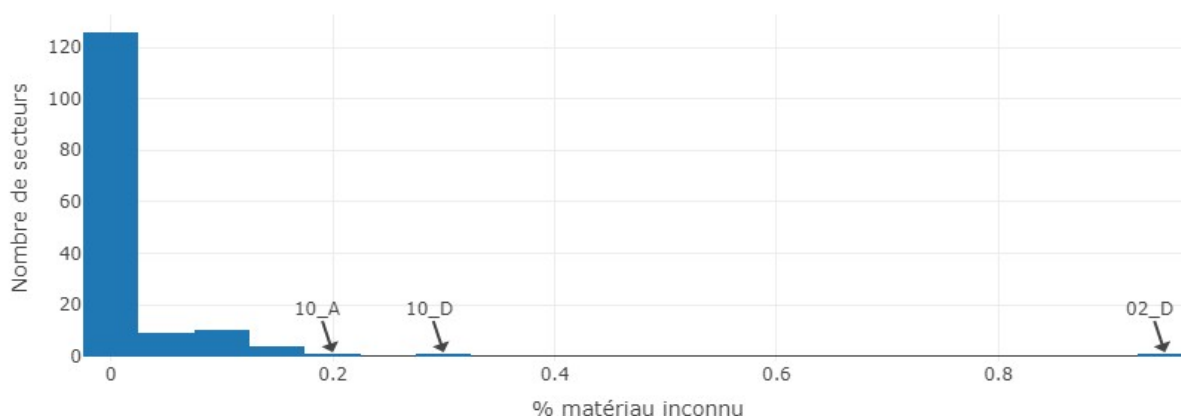


Figure 24 : Proportions de linéaire de matériau inconnu

Les secteurs qui ont plus de 17 % de matériau inconnu sont supprimés (secteurs 10_A, 10_D et 02_D).

4.4. Les données de contexte

4.4.1. L'urbanisation

Les données Corine Land Cover (CLC) divisées en quatre classes (zone habitée, zone artificialisée hors zone habitée, zone agricole, zone naturelle) sont regroupées en deux groupes (comme dans la partie 2) :

- Les zones urbaines (regroupement des zones habitées et des zones artificialisées hors zone habitée) ;
- Les zones rurales (regroupement des zones agricoles et des zones naturelles).

L'intersection de la couche SIG des CLC et de celles des réseaux permet de dégager **les longueurs de réseau en zone urbaine et les longueurs de réseau en zone rurale** par secteur. La carte des zones CLC est présentée en annexe 14.

La **densité d'abonnés** est également calculée d'après la formule :

$$D = \frac{\text{Nombre d'abonnés du secteur en 2019}}{\text{Longuer SIG du réseau du secteur}}$$

4.4.2. L'aléa argiles

Une cause probable de fuites sur les réseaux sont les mouvements de terrain et notamment ceux induits par le retrait-gonflement des argiles. Les zones d'aléas argiles gonflantes sont définies sur l'ensemble de la France métropolitaine par le BRGM, et seules les zones « aléa moyen » et « aléa fort » sont présentes sur les secteurs étudiés. La carte des niveaux d'aléas du département de la Gironde est disponible en annexe 15.

4.4.3. Le dénivelé

En l'absence d'information sur la pression de service dans les secteurs étudiés, la différence de niveau entre les points haut et bas du réseau sera utilisée pour caractériser le secteur. Les altitudes de l'ensemble du territoire national sont connues. Chaque sommet du SIG des réseaux est relié à une altitude, permettant de déduire l'altitude la plus élevée et l'altitude la plus basse de chaque réseau par secteurs. On calcule ensuite le dénivelé par secteurs :

$$\text{Dénivelé} = \text{altitude max.} - \text{altitude min.}$$

4.5. Les données d'interventions

4.5.1. Données récoltées

Les données des interventions sont disponibles par secteur et par an. Les années 2016 à 2019 sont étudiées. Pour chaque intervention, les champs suivants peuvent être renseignés :

- La date de découverte ;
- La date d'intervention ;
- Le lieu de l'intervention ;
- Le type d'intervention ;
- L'ouvrage ;
- Le diamètre ;
- Le matériau ;
- L'origine de la découverte ;
- Les observations.

Au total 8179 interventions réparties sur 150 secteurs sont traitées.

Les données des collectivités 04 et 10 sont traitées individuellement car elles sont plus précises (cf. partie 4.5.3).

4.5.2. Traitement des données toutes collectivités confondues

4.5.2.1. Nettoyage des données

Le fichier initial fait l'objet de corrections visant à harmoniser les données pour en faciliter leur traitement. Il consiste principalement à corriger les fautes de syntaxe et est détaillé en annexe 16.

4.5.2.2. Tri des interventions

Pour 100 interventions la date d'intervention n'est pas renseignée, elle est remplacée par la date de découverte. Quatre sélections successives sont effectuées :

- sur le type d'intervention ;
- sur l'ouvrage ;
- sur les observations ;
- sur l'origine des découvertes.

L'objectif est d'écarter toutes les interventions qui ne sont pas des casses dues aux propriétés des conduites (purges, arrosage, casse par un tiers, etc.). Les sélections successives sont détaillées en annexe 17.

A l'issue des tris successifs, **seules les interventions sur canalisations sont conservées.**

4.5.2.3. Tri des interventions sur matériau inconnu

Certains secteurs possèdent un faible nombre d'interventions sur matériau inconnu. Dans certains cas, l'adresse renseignée est suffisamment précise pour pouvoir lier l'intervention au SIG et en déduire un matériau. Les matériaux de 36 interventions ont ainsi pu être renseignés.

Les matériaux traités sont regroupés en 4 groupes :

- Fonte ;
- PVC ;
- Autre (acier, amiante-ciment et PE principalement) ;
- Inconnu.

Sur les 145 secteurs, 103 secteurs n'ont aucune intervention sur matériau inconnu et 22 secteurs n'ont que des interventions sur matériau inconnu. Les secteurs possédant une partie de leurs interventions sur matériau inconnu sont listés en annexe 19. Seuls les secteurs ayant moins de 20 % d'interventions sur matériau inconnu sont conservés.

4.5.2.4. Valeurs des taux de casses calculés

Le taux de casses de chaque secteur est calculé chaque année :

$$\text{Taux de casses}_{an} = \frac{\text{Nombre de casses}_{an}}{L}$$

Et pour chaque matériau :

$$\text{Taux de casses sur fonte}_{an} = \frac{\text{Nombre de casses sur fonte}_{an}}{L_{\text{fonte}}}$$

$$\text{Taux de casses sur PVC}_{an} = \frac{\text{Nombre de casses sur PVC}_{an}}{L_{\text{PVC}}}$$

Avec L , L_{fonte} et L_{PVC} les longueurs SIG par secteur.

L'histogramme ci-dessous représente les valeurs des taux de casses observés par an.

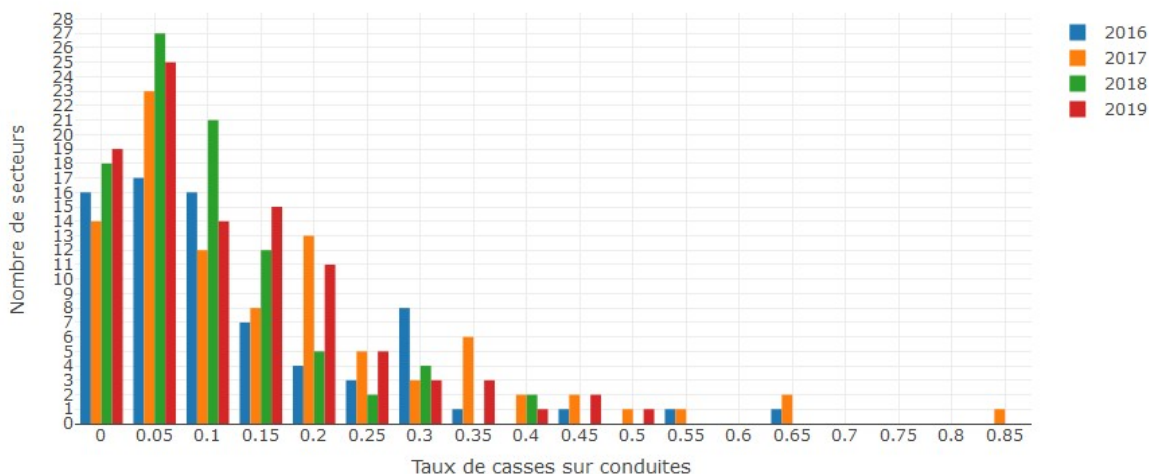


Figure 25 : Taux de casses sur conduites par an

4.5.3. Traitement des données des collectivités 04 et 10

Les données d'interventions de la collectivité 10 sont les seules disponibles en SIG. Les données d'interventions de la collectivité 04 n'ont aucun renseignement sur le matériau mais les adresses sont très bien renseignées. Chaque adresse est associée à deux coordonnées géographiques grâce à l'outil géocodeur du site gouvernemental *adresse.data.gouv.fr*. Un SIG des interventions est ainsi créé.

Pour ces deux collectivités, l'étendue des valeurs étudiées est :

Tableau 13 : Années des interventions et nombre d'interventions des collectivités 04 et 10

	Années étudiées								Nombre d'interventions total	Nombre d'interventions sur canalisations après tri
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
Collectivité 04			X	X	X		X	X	3058	299
Collectivité 10	X	X	X			X	X	X	570	295

Le tri effectué sur les données est le même que dans la partie précédente. Connaissant le SIG du réseau, il est possible d'associer chaque intervention à une conduite et donc un matériau, un diamètre et une période de pose. Les points correspondant aux interventions sont associés à la canalisation la plus proche par projection grâce au logiciel *Porteau* :

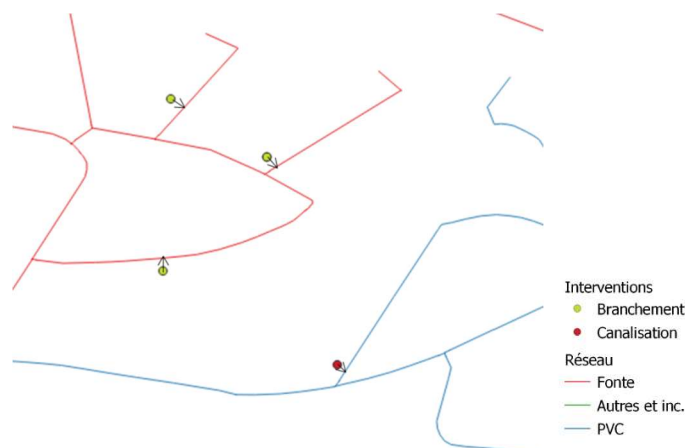


Figure 26 : Projection entre les points des interventions et les lignes du réseau pour les associer

Les interventions sont également liées aux SIG des zones CLC et des aléas argiles gonflantes (cartes en annexe 14 et 15), permettant de calculer les taux de casses par zone CLC et par zone d'aléa.

Le matériau, le diamètre et la date de pose de la conduite sont associés à l'intervention (ces données sont également utilisées pour l'étude de l'ensemble des collectivités dans la partie 4.5.2).

4.5.4. Limites et critiques sur les données d'interventions

Il est difficile d'exploiter les données de casses compte tenu du manque de constance et d'homogénéité des renseignements qui alimentent les fichiers.

Méthode de calcul

Dans le cas de la collectivité 04, l'incertitude sur les adresses est difficile à approcher. Quand bien même l'adresse est bonne, certaines adresses correspondent à l'intersection entre deux conduites, le choix de la conduite la plus proche est alors arbitraire.

Pour le calcul des taux de casses par secteurs, c'est toujours la longueur du SIG qui est prise en compte, elle est donc constante sur les 4 ans. Or, on sait que la longueur de chaque secteur varie légèrement entre 2016 et 2019.

Pertinence des années

La problématique est de savoir si certaines années ont été mieux renseignées que d'autres. Les données ayant été récoltées début 2020, on s'attend à ce que l'année 2019 soit moins bien renseignée, mais le graphique en annexe 18 présentant le nombre de casses par an et par secteurs ne permet pas de confirmer cette hypothèse.

Interventions sur branchements

Les interventions sur branchements ne peuvent pas être étudiées en l'état. Elles sont pourtant en nombre (53,2 % des interventions sélectionnées sont sur branchements (3465 sur 6507) et 41,7 % sur canalisations (2713 sur 6507)). Les matériaux sont renseignés pour environ la moitié des interventions sur branchements (50,8 %), mais on ne peut pas savoir si le matériau correspond à celui du branchement ou de la conduite principale.

Cause des casses

Pour de nombreuses interventions, aucune indication sur la cause de la casse n'est fournie. Lorsque la casse fait suite à une détérioration par un tiers, ce ne sont pas les propriétés de la conduite qui sont en cause, ces données ont donc été écartées lorsque cela était possible mais cela n'inclue certainement pas tous les cas de causes extérieures.

L'emplacement de la conduite (sous chaussée ou non par exemple) a certainement un impact sur son taux de casses, et c'est d'ailleurs un attribut important du logiciel CASSES [CEMAGREF, 2010], mais ce paramètre est très rarement renseigné.

Etude des diamètres

Les diamètres font partie des paramètres qui peuvent être renseignés dans les bases de données d'interventions et 74 % des interventions sur canalisations triées ont un diamètre renseigné.

4.6. Les données de pose de conduite neuve

Le taux moyen annuel de conduite neuve sur 10 ans (TCN10) de 2006 à 2015 est calculé à partir des données SIG et d'après la formule suivante :

$$TCN10 = \frac{\sum_{a=2006}^{2015} \text{Longueur posée l'année } a}{10 \times \text{Longueur de réseau}}$$

La longueur de tronçons posés une année peut correspondre à des renouvellements de canalisations mais aussi à des extensions. On ne peut donc pas parler de taux de renouvellement.

On souhaite savoir si le taux moyen annuel de conduite neuve calculé à partir des SIG des secteurs est proche du taux de renouvellement indiqué dans SISPEA par services (variable 'Linéaire de réseau renouvelé au cours des cinq dernières années' en km). La comparaison est possible pour 5 collectivités. Les données SISPEA sont disponibles de 2009 à 2018 et les données SIG de 2000 à 2017. On choisit de comparer **la pose de conduite neuve sur 5 ans des années 2011 à 2015**.

Les données comparées sont renseignées dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Longueurs SIG et SISPEA de pose et de renouvellement comparées à l'échelle du service

Sigle	Longueurs	Sigle	Taux
L ₁	Longueur moyenne annuelle de conduite neuve renseignée dans le SIG de la collectivité (somme des longueurs de chaque secteur)	T ₁	$T_1 = \frac{L_1}{L_{SIG} \times 5}$
L ₂	Longueur renouvelée les 5 dernières années renseignée dans SISPEA l'année 2015 (indicateur VP.141)	T ₂	$T_2 = \frac{L_2}{\sum_{a=2011}^{2015} L_{sispea}}$
L ₃	Extension du réseau chaque année calculée par différence des longueurs renseignées dans SISPEA : $L_3 = \sum_{a=2011}^{2015} L_a - L_{a-1}$ Avec L _a la longueur de réseau hors branchements renseignée dans SISPEA (indicateur VP.077)	T ₃	$T_3 = \frac{L_3}{\sum_{a=2011}^{2015} L_{sispea}}$
L ₄	Somme de la longueur renouvelée renseignée dans SISPEA et de l'extension de réseau calculée : $L_4 = L_2 + L_3$	T ₄	$T_4 = \frac{L_4}{\sum_{a=2011}^{2015} L_{sispea}}$

La Figure 27 présente les valeurs des longueurs et des taux pour les 5 collectivités retenues.

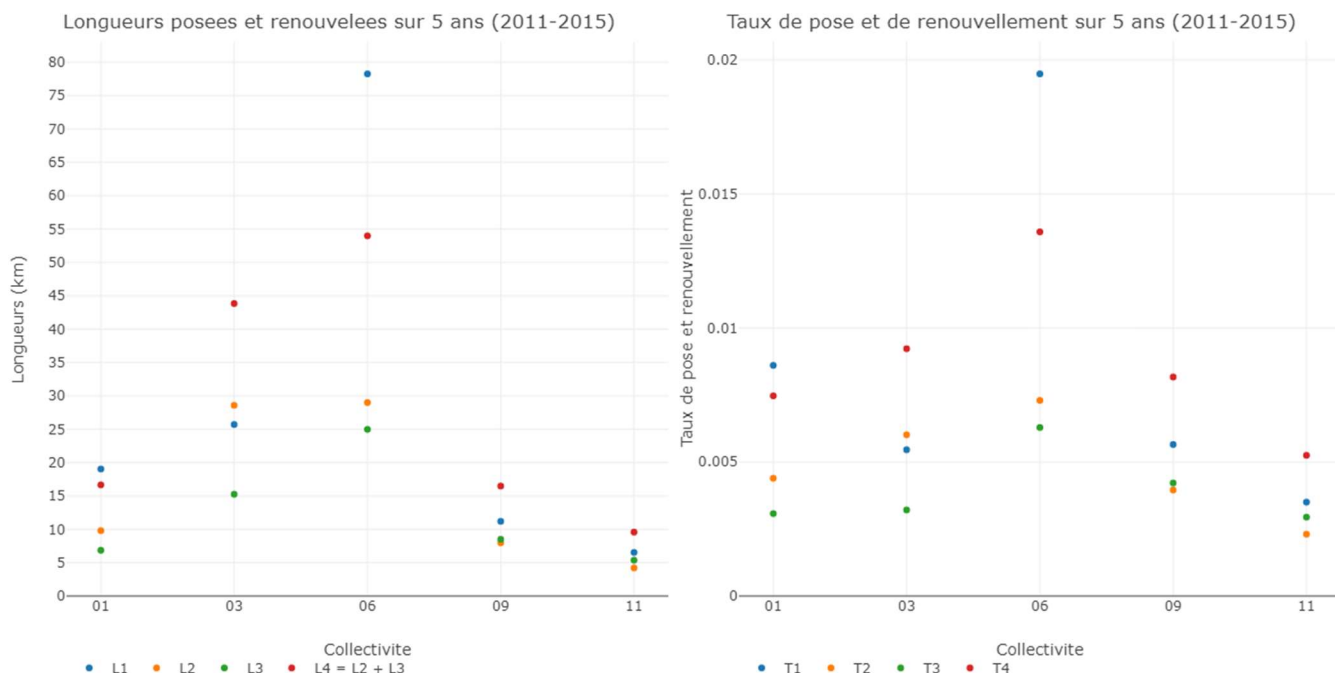


Figure 27 : Comparaison des longueurs et des taux posés et renouvelés SISPEA et SIG sur 5 ans et sur 5 collectivités

Les données pour chaque collectivité sont disponibles en annexe 21. On s’attendait à ce que L1 soit proche de L4, or ce n’est pas toujours le cas, les résultats sont très variables d’une collectivité à l’autre.

Dans toute la suite du rapport, c’est le **taux moyen annuel de conduite neuve sur 10 ans de 2006 à 2015** calculé à partir des données SIG qui est étudié.

Le graphique ci-dessous représente la distribution des taux moyens annuels de conduite neuve :

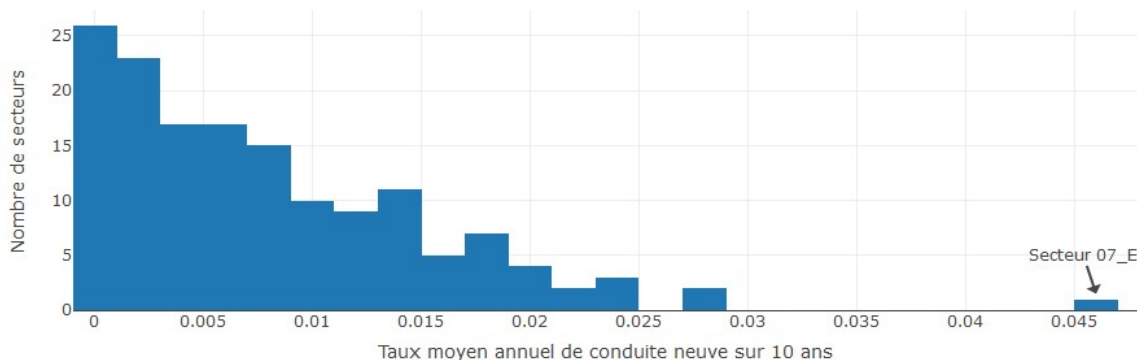


Figure 28 : TCN10 calculés à partir des SIG

Le secteur 07_E a un TCN10 très élevé ; c’est un secteur particulier avec un réseau de moins de 3 km, il est donc supprimé. Notons que 24 secteurs ont un TCN10 nul, un chiffre qui s’explique certainement par un manque de renseignement.

4.7. Croisement des données

Comme indiqué dans la Figure 20 page 27, 3 bases de données ont été créées :

- La base de données patrimoine et contexte créée à partir des SIG qui contient les données de 148 secteurs ;
- La base de données de débits de secteurs créée à partir des données de compteurs pour 112 secteurs ;
- La base de données d’interventions qui contient les données d’interventions et de patrimoine sur ces interventions sur 114 secteurs.

Comme ces bases de données sont toutes à la même échelle, il est facile de les croiser. La comparaison des données d'interventions avec les données SIG peut être faite sur 110 secteurs et la comparaison des données de débits et des données SIG sur 112 secteurs. L'étude conjointe des données SIG, données d'interventions et données de débits peut être faite sur 83 secteurs.

5. Résultats de l'étude des données à l'échelle des secteurs

5.1. Liens entre le patrimoine et le contexte

5.1.1. Méthode de création des classes

Compte tenu du nombre important de données et de leur foisonnement, l'analyse de l'échantillon est effectuée en constituant des classes. L'exemple présenté ci-dessous montre la mise en évidence d'un lien entre deux paramètres grâce à la réalisation de classes sur le paramètre en ordonnée.

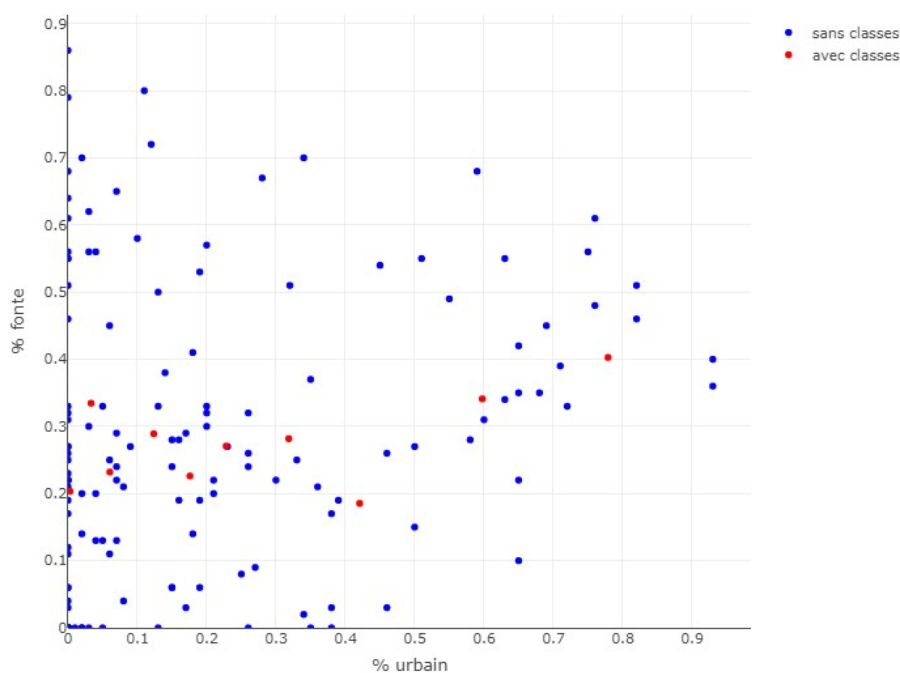


Figure 29 : Exemple de mise en évidence d'une relation après classification

Pour une même classe de n individus, les indicateurs sont recalculés pour constituer une valeur par classe. Ainsi, dans toute la partie 5, les classes sont créées de la même manière :

- Pour 5 classes : l'effectif est découpé de façon homogène par le nombre de classes (l'effectif de chaque classes égale l'effectif total divisé par le nombre de classes) ;
- Pour 10 classes : les déciles par effectifs.

Pour certains cas particuliers, des ajustements sont nécessaires, ils sont regroupés dans le tableau en annexe 22.

Pour tous les graphiques de la partie 5, les tableaux de données des graphiques sont disponibles en annexe 26.

5.1.2. Lien entre le matériau et l'urbanisation

Les graphiques ci-dessous représentent la densité d'abonnés en fonction de la proportion de PVC et de Fonte.

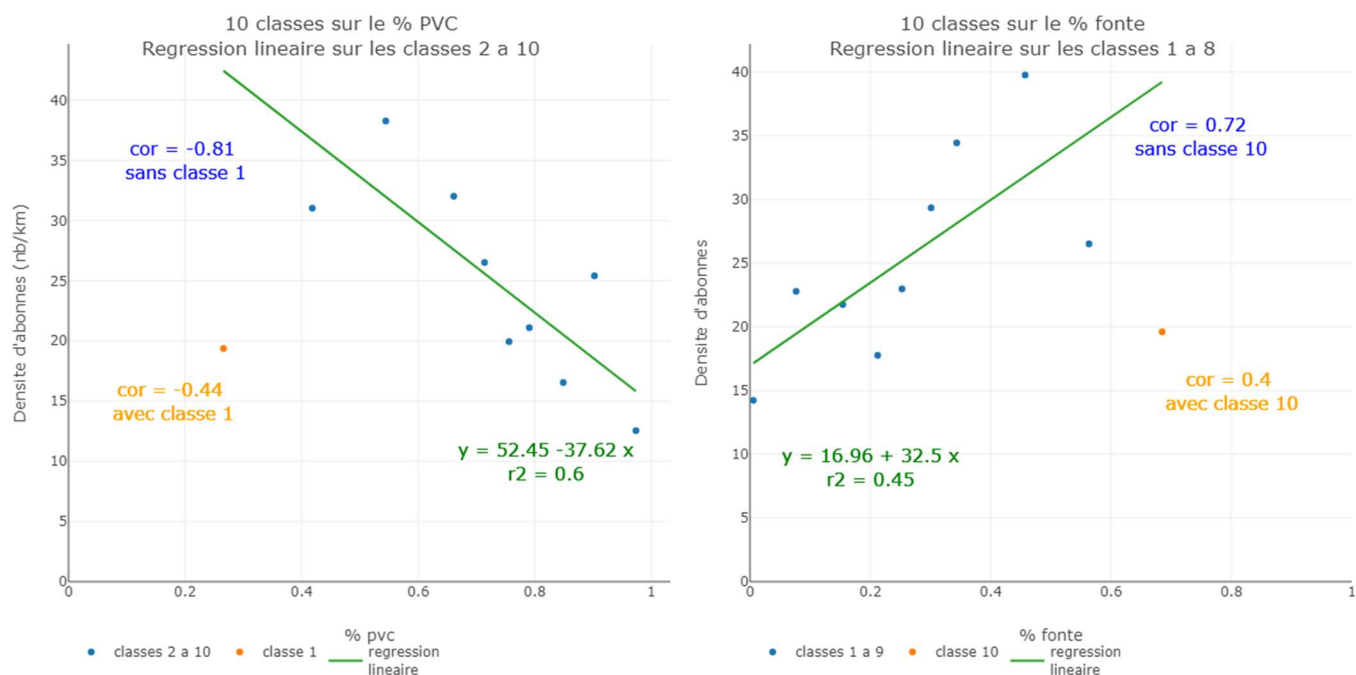


Figure 30 : Densité d'abonnés en fonction de la proportion de PVC (à gauche) et de fonte (à droite)

La corrélation entre la proportion de PVC et la densité d'abonnés est négative alors qu'elle est positive entre la proportion de fonte et la densité d'abonnés, mais le coefficient de corrélation est très faible si l'on considère toutes les classes. En effet, les classes 1 et 10 regroupent des secteurs qui sont riches en fonte et ont une grande partie de zones rurales.

Si l'on réalise les mêmes graphiques en faisant 10 classes sur la proportion de réseau urbain et rural, les corrélations sont plus faibles mais aucune classe ne se distingue comme les classes 1 et 10 ci-dessus (graphiques en annexe 25). Les corrélations sont aussi fortes entre le matériau et les proportions de réseau en zones urbaines et rurales (graphiques en annexe 25).

Les corrélations sont expliquées par des raisons historiques : le réseau s'est historiquement développé d'abord dans les centres-villes avant les années 60 principalement en fonte. A partir des années 60 jusqu'aux années 1980, le réseau rural s'est constitué principalement avec le nouveau matériau moins cher et plus léger que constituait le PVC. Mais les classes 1 et 10 rappellent que d'autres éléments de contexte interviennent tels que des choix techniques du maître d'ouvrage ou la proximité d'une industrie.

5.1.3. Lien entre le matériau et le dénivelé

Les graphiques ci-dessous représentent le dénivelé en fonction des proportions de matériau, après avoir effectué 10 classes sur les proportions de matériau.

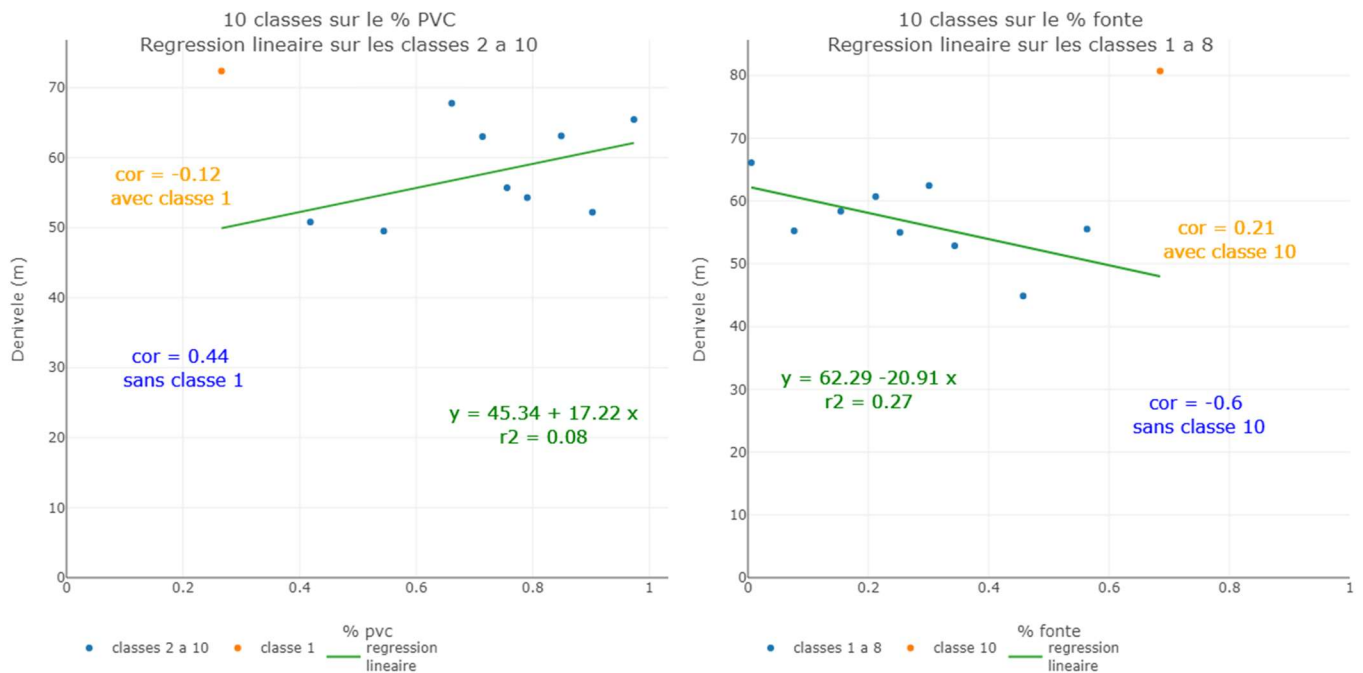


Figure 31 : dénivelé en fonction des proportions de matériau après classement sur le matériau

Il y a une corrélation positive entre le dénivelé et la proportion de PVC et négative entre le dénivelé et la proportion de fonte mais les coefficients sont très faibles, ils sont un petit peu plus élevés si l'on exclue les secteurs riches en fonte. Cette tendance pourrait être liée à des réseaux en zones rurales plus étendus et donc des dénivelés plus importants que sur les secteurs urbains plus regroupés.

5.2. Etude des débits de pertes

5.2.1. Relation entre le débit de pertes, le nombre d'abonnés et la longueur

Les graphiques ci-dessous représentent le débit de pertes (Qpmoy) en fonction du nombre d'abonnés (à gauche) et de la longueur (à droite).

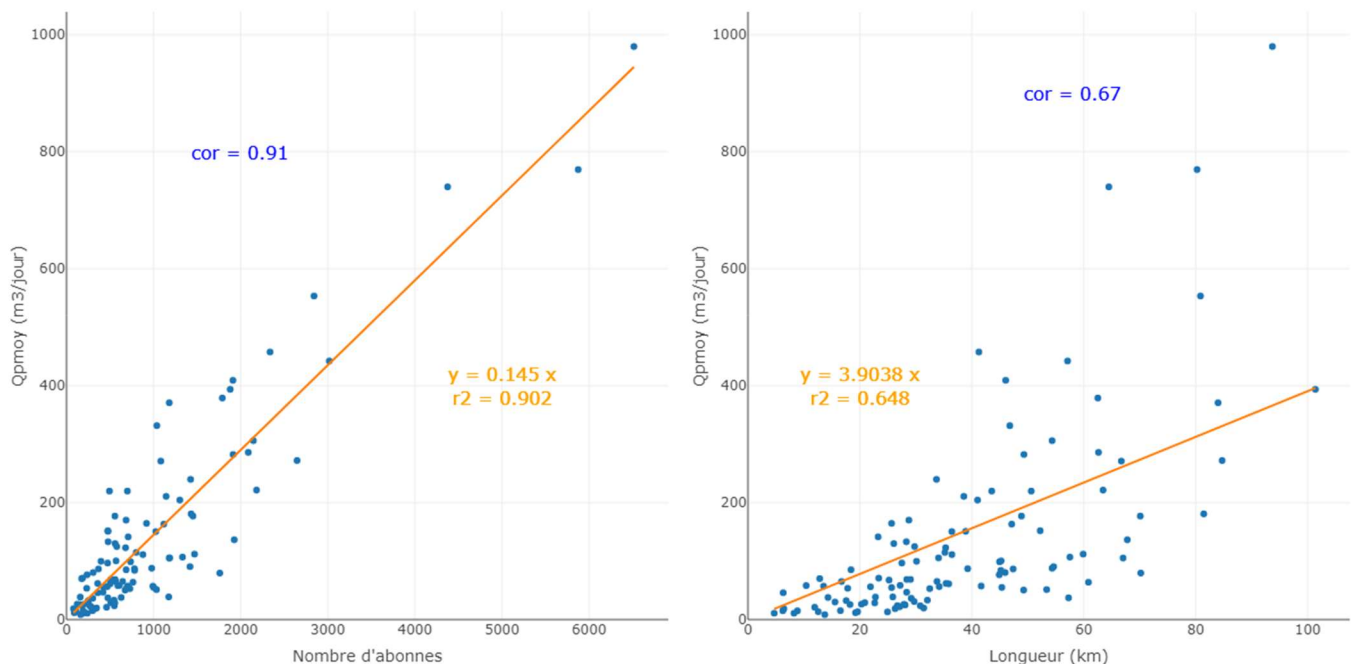


Figure 32 : Débit de pertes en fonction du nombre d'abonnés (à gauche) et de la longueur (à droite)

La corrélation entre Qpmoy et le nombre d'abonnés est plus grande qu'entre Qpmoy et la longueur. Les deux parties suivantes s'intéressent tout d'abord au débit de pertes par unité de longueur puis au débit de pertes par abonné.

5.2.2. Débit de pertes par unité de longueur

5.2.2.1. Lien entre le débit de pertes par unité de longueur et le matériau

Les graphiques ci-dessous représentent Qpmoy/L en fonction de la proportion de matériau PVC (à gauche) et fonte (à droite). Sans classes, les corrélations sont de $-0,21$ et $0,27$.

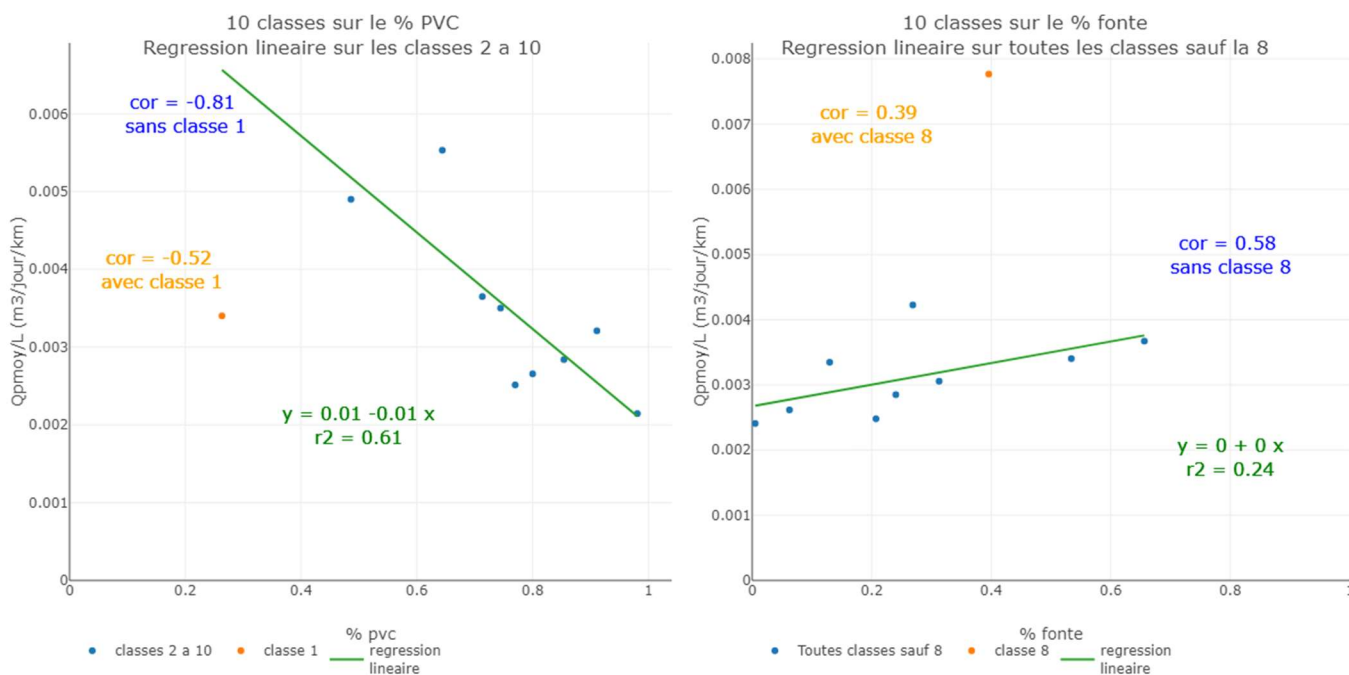


Figure 33 : Débit de pertes par linéaire en fonction de la proportion de PVC (à gauche) et de fonte (à droite)

La corrélation entre le débit de pertes par unité de longueur et la proportion de PVC est négative alors que celle avec la proportion de fonte est positive. Cependant, les coefficients de corrélation sur l'ensemble des classes sont respectivement de $-0,52$ et $0,39$, ce qui est très faible. Mais si l'on exclue la classe 1 sur la proportion de PVC, la corrélation est de $-0,81$, ce qui est beaucoup plus élevé. Cela signifie qu'il y a une corrélation entre Qpmoy/L et la proportion de PVC mais qui n'est pas vérifiée pour les secteurs qui ont très peu de PVC, c'est à dire pour les secteurs qui ont beaucoup de fonte et sont très ruraux. La corrélation entre Qpmoy/L et la proportion de fonte est très faible, même en enlevant la classe la plus éloignée de la droite de régression.

5.2.2.2. Lien entre le débit de pertes par unité de longueur et l'urbanisation

Les graphiques ci-dessous représentent le débit de pertes par linéaire en fonction de la proportion de réseau en zone rurale (à gauche) et en zone urbaine (à droite).

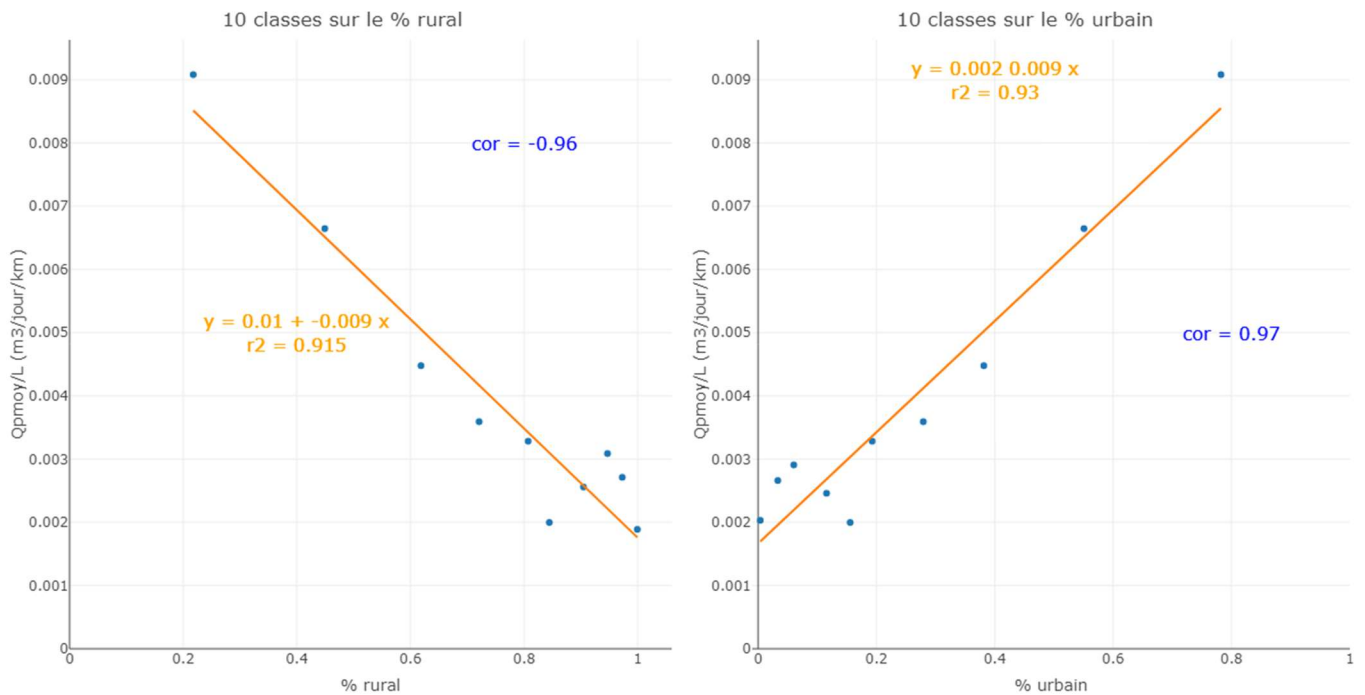


Figure 34 : Débit de pertes par linéaire en fonction de la proportion de réseau rural (à gauche) et de zone urbaine (à droite)

Les coefficients de corrélation (-0.96 et 0.97) sont très élevés. $Q_{p\text{moy}}/L$ est donc très fortement corrélé à l'urbanisation. Le contexte urbain ou rural étant lié aux caractéristiques patrimoniales des réseaux d'eau potable (cf. partie 5.1), il est difficile de distinguer une relation entre le patrimoine et $Q_{p\text{moy}}/L$ en raison de cette forte dépendance à l'urbanisation.

5.2.2.3. Lien entre débit de pertes par unité de longueur et taux de casses

La figure ci-dessous représente les taux de casses en fonction de $Q_{p\text{moy}}/L$ après classement sur $Q_{p\text{moy}}/L$. La courbe grise représente le cas où le nombre de secteurs varie d'une année à l'autre en fonction des données d'interventions de l'année (certains secteurs ont leurs données renseignées qu'une seule année par exemple) et la courbe bleue représente le cas où on ne s'intéresse qu'aux secteurs ayant des taux de casses renseignés les 4 années.

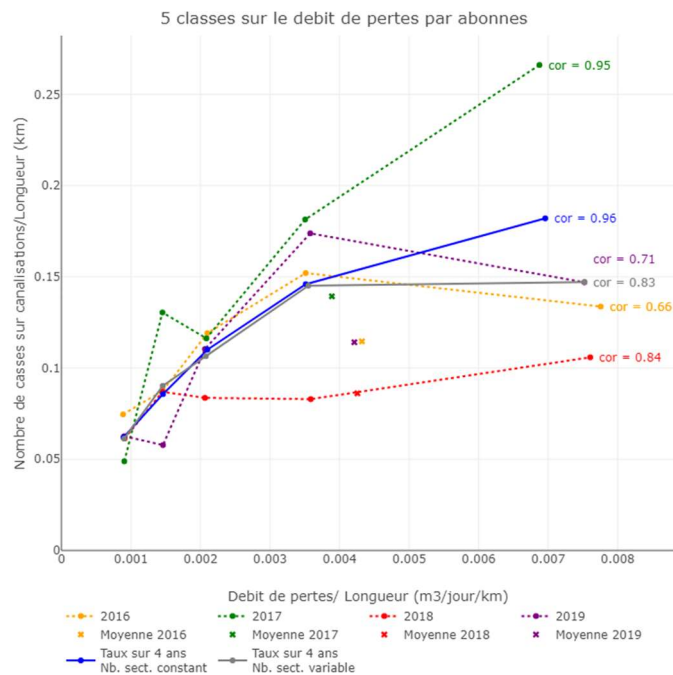


Figure 35 : Taux de casses en fonction du débit de pertes par linéaire

L'ensemble des courbes, chaque année et en moyenne, montrent qu'il y a une forte corrélation positive entre le taux de casses et Q_{pmoy}/L .

Le débit de pertes par unité de longueur est très corrélé au contexte urbain ou rural, voyons s'il en est de même pour Q_{pmoy}/N .

5.2.3. Débit de pertes par abonné

5.2.3.1. Lien entre le débit de pertes par abonné et le matériau

Les figures ci-dessous représentent Q_{pmoy}/N en fonction de la proportion de matériau PVC (à droite) et fonte (à gauche).

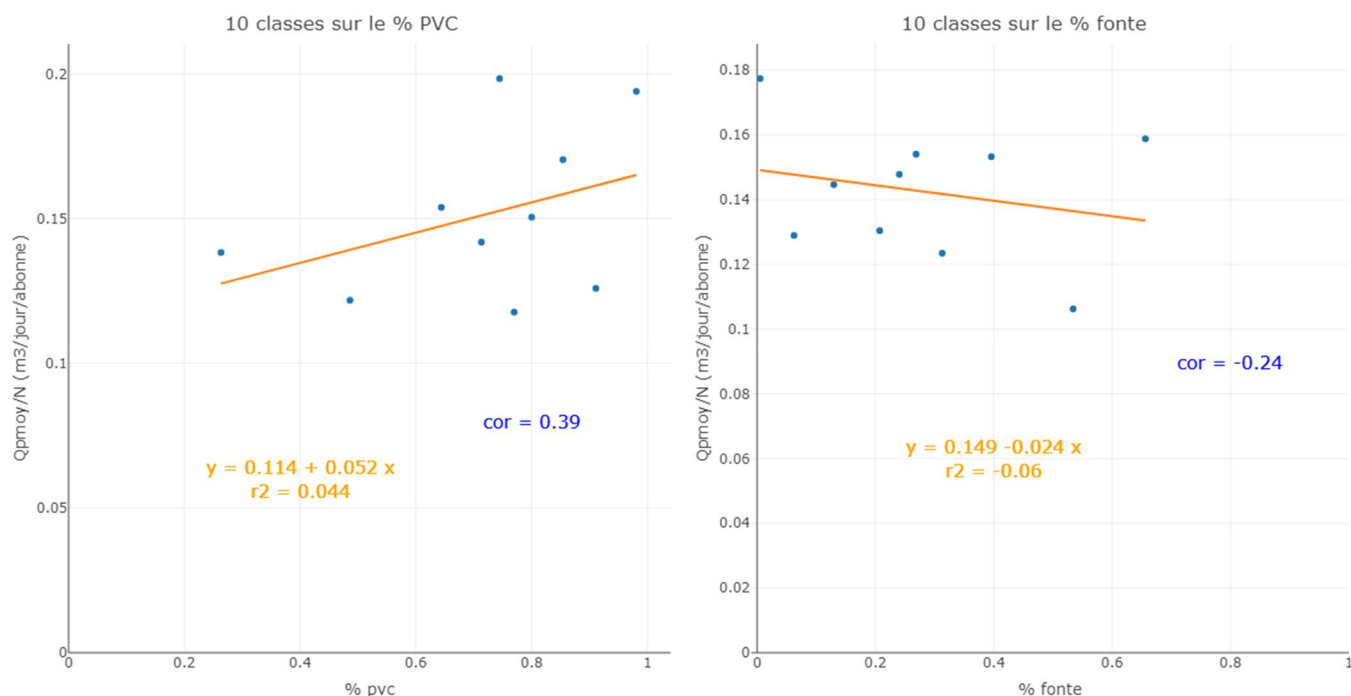


Figure 36 : Débit de pertes par abonné en fonction de la proportion de PVC (à gauche) et de fonte (à droite)

Les coefficients de corrélation entre Q_{pmoy}/N et les proportions de matériau sont très faibles, on peut conclure qu'il n'y a pas de corrélation.

5.2.3.2. Relation entre Q_{pmoy}/N et le contexte

L'urbanisation

Les figures ci-dessous représentent Q_{pmoy}/N en fonction de la proportion de réseau en zone rurale (à gauche) et en zone urbaine (à droite).

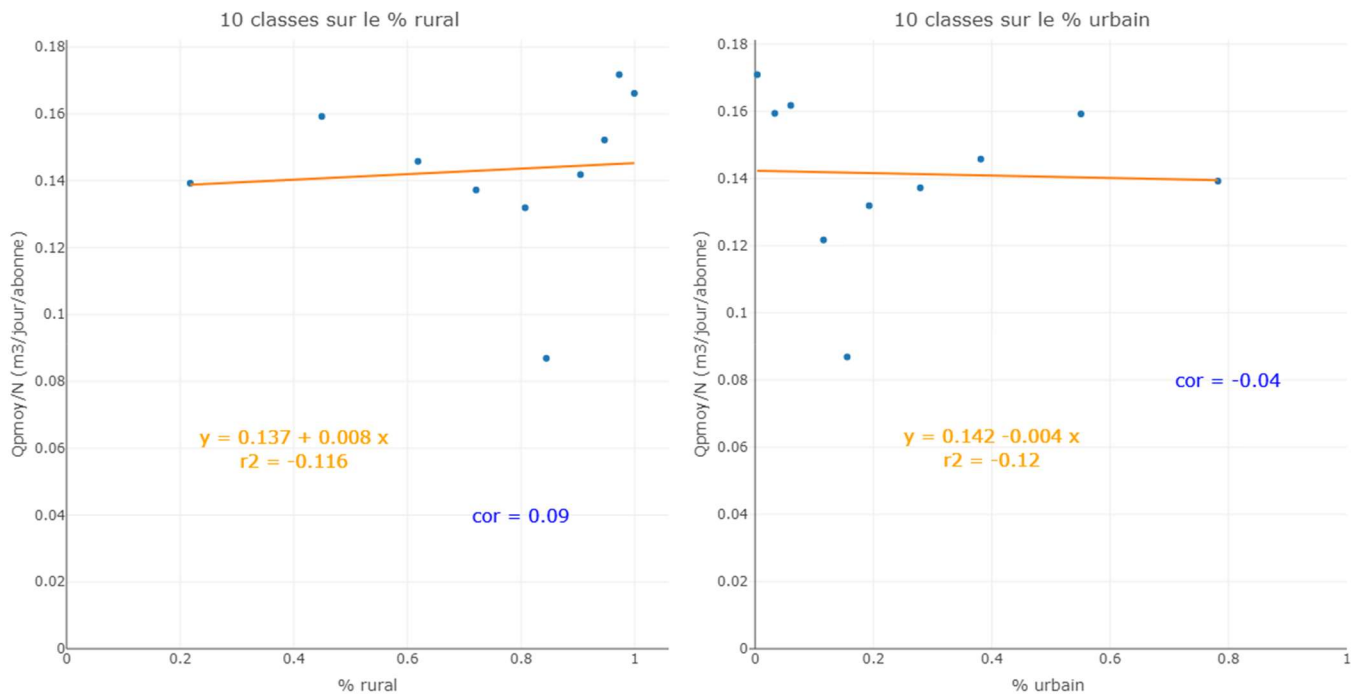


Figure 37 : Débit de pertes par abonné en fonction de la proportion de réseau rural (à gauche) et urbain (à droite)

Les corrélations sont quasiment nulles. Ce résultat s'oppose à la corrélation très forte entre Q_{pmoy}/L et l'urbanisation. On note également que Q_{pmoy}/N est davantage corrélé au matériau qu'à l'urbanisation, bien que ces corrélations soient très faibles.

Le dénivelé

Le graphique ci-dessous représente Q_{pmoy}/N en fonction du dénivelé avec 10 classes sur le dénivelé.

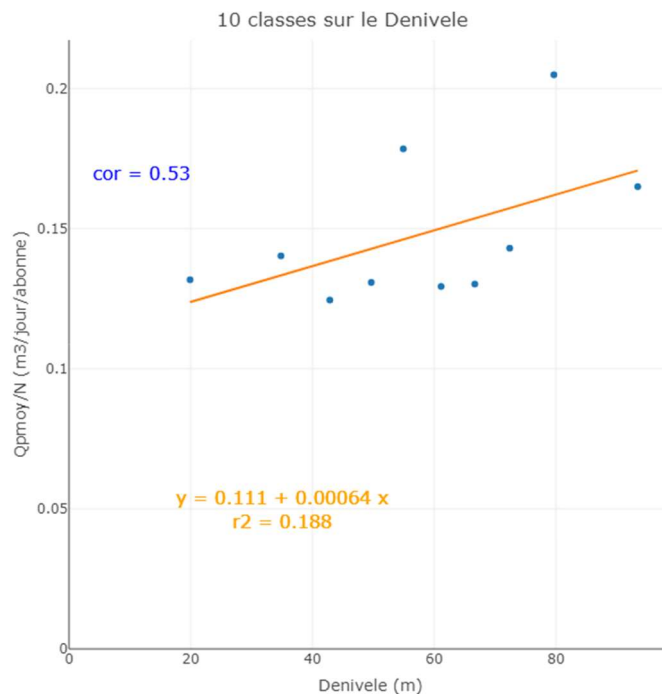


Figure 38 : Débit de pertes par abonné en fonction du dénivelé : classes sur le dénivelé.

Il y a une faible corrélation positive entre Q_{pmoy}/N et le dénivelé, sachant que le dénivelé est très légèrement lié au matériau sur les secteurs étudiés (cf. partie 5.1.3).

Les collectivités

Des facteurs de contexte liés à la géographie et la gestion des réseaux ont certainement une influence sur les débits de pertes mais ils sont difficiles à approcher. L'étude de Q_{pmoy}/N par collectivité peut être un moyen

d'approcher ces paramètres en s'affranchissant de l'aspect urbain - rural. En effet, on constate de grands écarts d'une collectivité à l'autre.

L'écart est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{écart} = \frac{\text{moyenne, collectivité} - \text{moyenne, toutes collectivités}}{\text{moyenne, toutes collectivités}} = \frac{\text{moyenne, collectivité} - 0.15}{0.15}$$

Tableau 15 : Débit de pertes par abonné moyens par collectivités

Collectivité	Nombre de secteurs	Qp/N moyen (m3/j/abonné)	Ecart par rapport à la moyenne
01	11	0.18	+ 20 %
02	15	0.28	+ 87 %
03	19	0.07	- 53 %
04	6	0.15	0 %
05	8	0.15	0 %
06	17	0.15	0 %
07	13	0.08	- 46 %
08	8	0.18	+ 20 %
09	8	0.10	- 33 %
10	7	0.14	- 6 %
Toutes collectivités	112	0.15	

L'intégralité des résultats par secteurs sont représentés en annexe 23. Alors que la plupart des collectivités sont proches de la moyenne de 0,15 m³/j/abonné, certaines collectivités se distinguent par des débits moyens plus élevés ou plus faibles. Ces résultats peuvent traduire l'effet de nombreux paramètres : terrains différents, pression de service, exploitation, etc.

5.2.3.3. Relation entre Qpmoy/N et le taux de casses

Le graphique ci-dessous représente le nombre de casses sur canalisations en fonction de Qpmoy/N pour les 4 années étudiées. 5 classes sont faites sur Qpmoy/N.

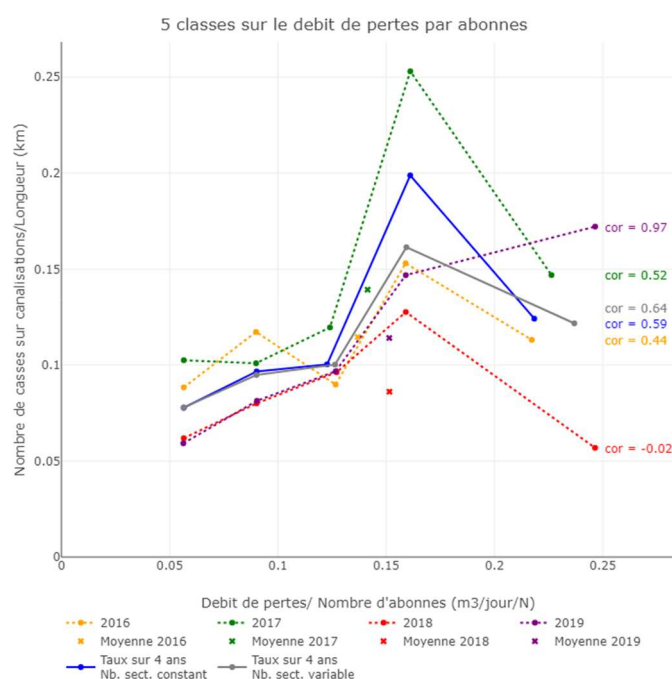


Figure 39 : Taux de casses sur canalisations en fonction du débit de pertes par abonné

Les classes 1 à 4 ont des débits de pertes par abonné croissants et on constate que les secteurs de la classe 5 sont ceux qui ont un nombre d'abonnés très faible par rapport aux autres classes.

La pertinence de ce graphique peut être discutée car la sélection effectuée sur les interventions a pour but de ne sélectionner que les interventions qui sont dues aux propriétés de la canalisation (les casses effectuées par des tiers ont été supprimées par exemple), or ces interventions ont une incidence sur le débit de pertes.

Notons que si l'on fait 5 classes sur les taux de casses, les coefficients de corrélations sont plus élevés sur les courbes bleue (0,85) et grise (0,72) mais les résultats sont mitigés d'une année à l'autre (le graphique est en annexe 25).

5.2.3.4. Relation entre Qp/N et le taux moyen annuel de conduite neuve sur 10 ans

Le graphique ci-dessous représente Qpmoy/N en fonction du TCN10 tel que défini dans la partie 4.6 avec 10 classes sur le TCN10.

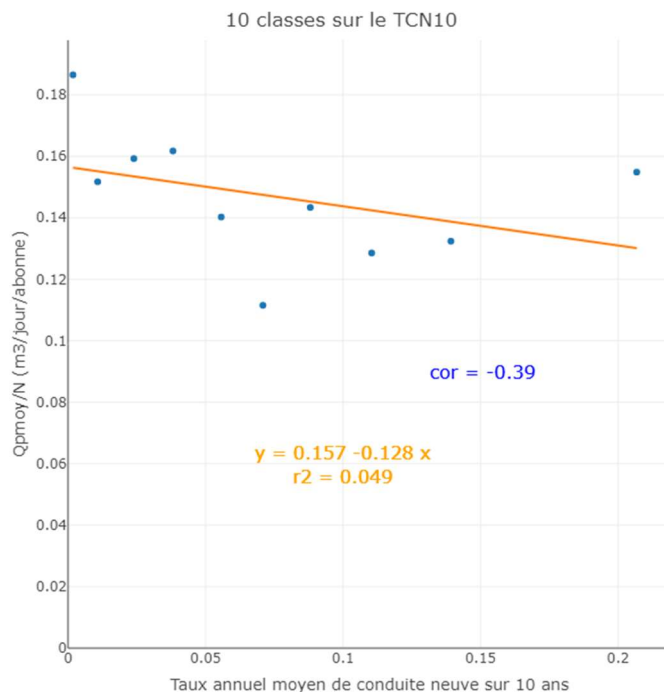


Figure 40 : Débit de pertes par abonné en fonction du TCN10

La corrélation entre Qpmoy/N et le TCN10 est très faible. Le fait qu'elle soit légèrement négative pourrait montrer que plus les réseaux ont été posés ou changés ces 10 dernières années, moins il y a de fuite, mais la corrélation est trop faible pour être interprétée.

5.3. Etude des taux de casses

5.3.1. Taux de casses en fonction du patrimoine

5.3.1.1. Matériau

Le graphique ci-dessous représente pour chaque année et pour chaque matériau (PVC et fonte) la distribution des taux de casses par matériau.

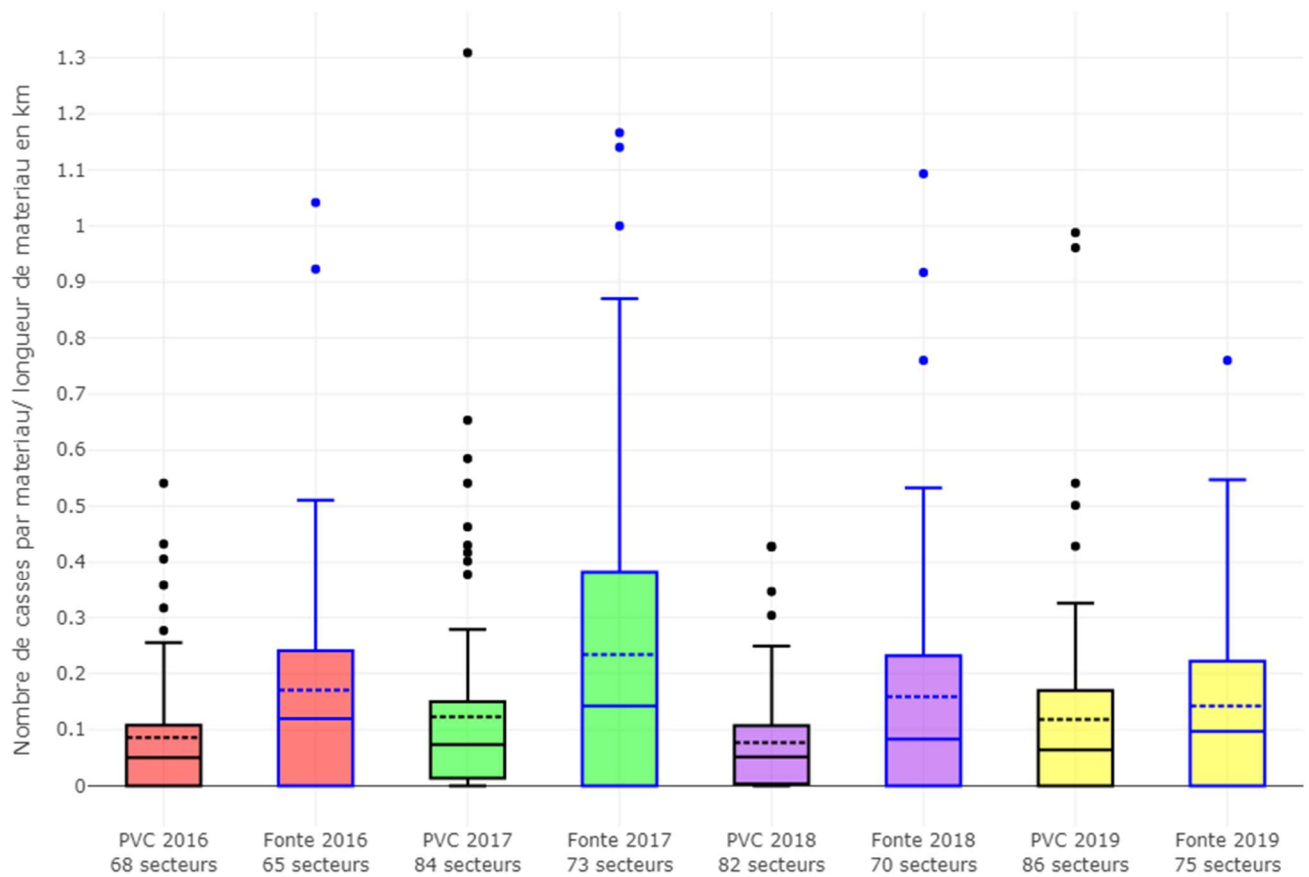


Figure 41 : Taux de casses par matériau et par an

Ce graphique montre que chaque année, les taux de casses sur conduites en fonte sont en moyenne plus élevés que les taux de casses sur conduites en PVC.

Les graphiques ci-dessous représentent les taux de casses sur canalisations tous matériaux confondus en fonction de la proportion de PVC (à gauche) et la proportion de fonte (à droite).

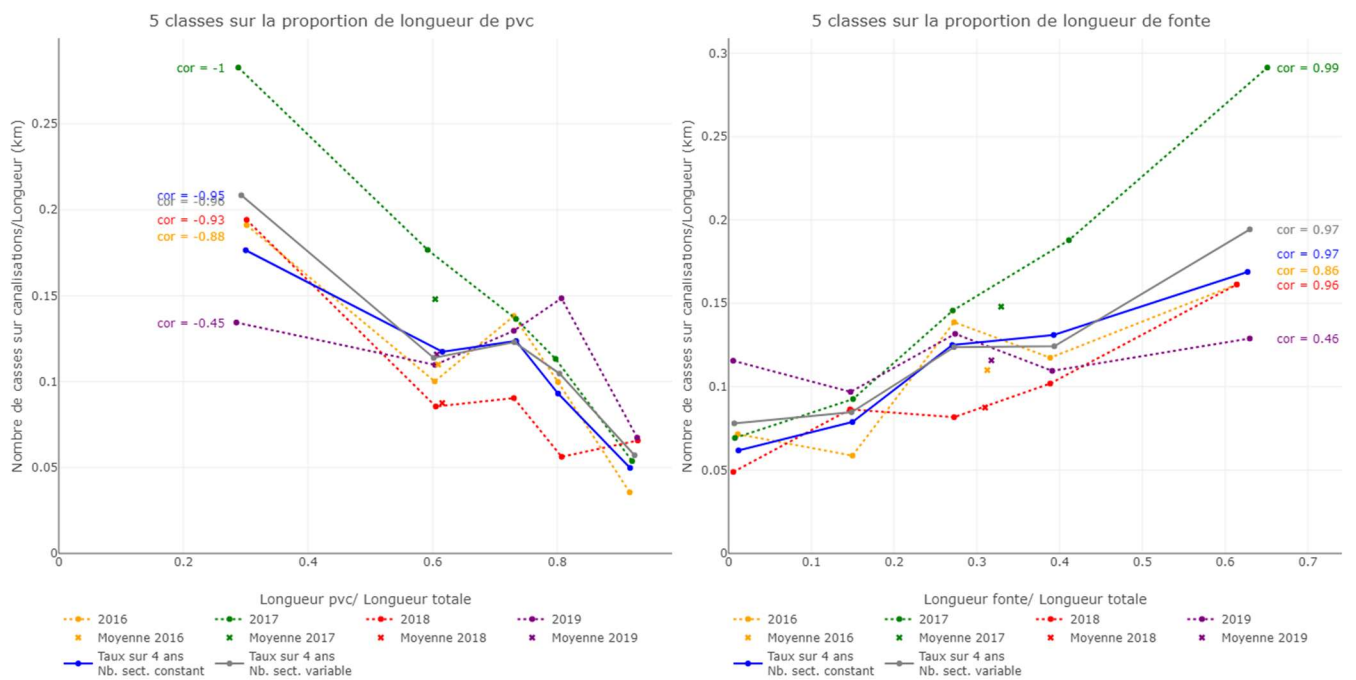


Figure 42 : Taux de casses en fonction des proportions de PVC (à gauche) et de fonte (à droite)

Les coefficients de corrélations sont tous supérieurs à 0,88 sauf l'année 2019 où ils sont égaux respectivement à - 0,45 et 0,46. Ils sont tous négatifs entre le taux de casses et la proportion de PVC et tous positifs entre les taux de casses et la proportion de fonte. Les variations interannuelles sont probablement dues à d'autres éléments de contexte non connus et la petite taille de l'échantillon ne permet pas de moyennner les variabilités.

Les graphiques ci-dessous représentent les taux de casses sur matériau fonte et PVC dans chaque collectivité dans lesquelles les taux d'interventions sur matériau connu sont suffisamment élevés. Dans les collectivités 04 et 10, le matériau est celui de la canalisation la plus proche de la localisation de l'intervention.

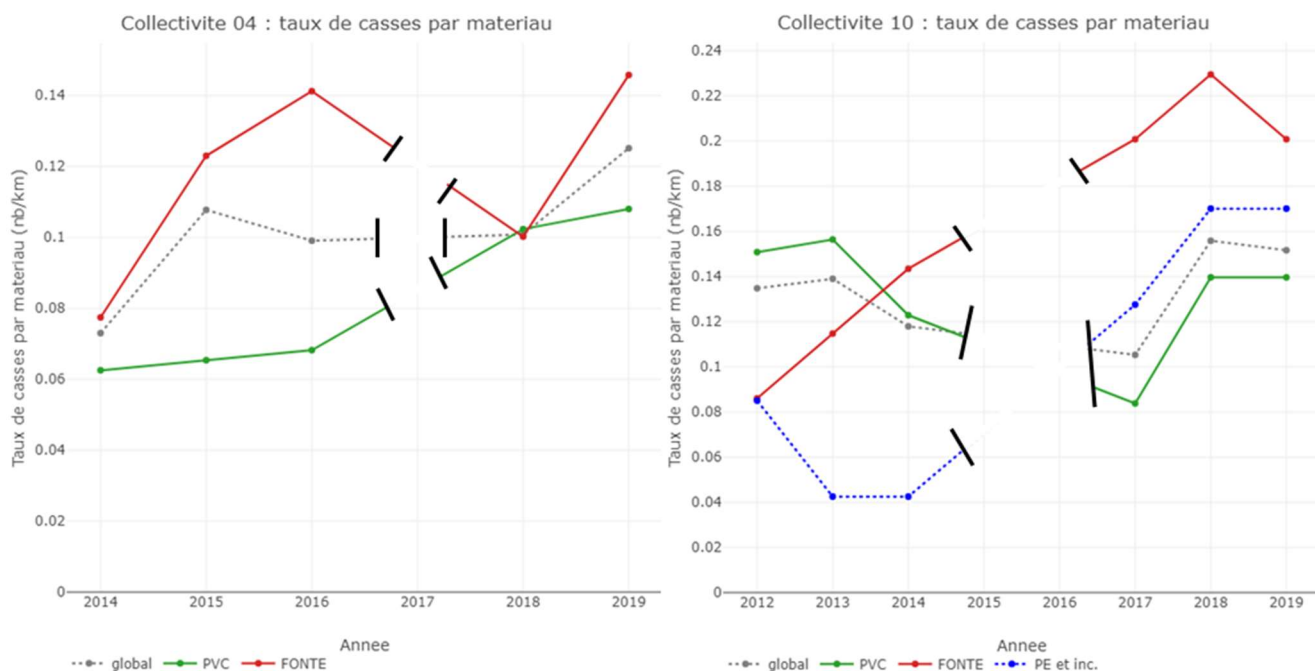


Figure 43 : Taux de casses par matériau dans les collectivités 04 et 10

En moyenne sur toutes les années les taux de casses sur fonte sont plus élevés que sur PVC, mais quelques années contredisent ce résultat (1 an sur 5 dans la collectivité 04 et 2 ans sur 6 dans la collectivité 10).

Dans les 3 collectivités dont les résultats sont reportés ci-dessous, les matériaux ont directement été renseignés au moment de l'intervention.

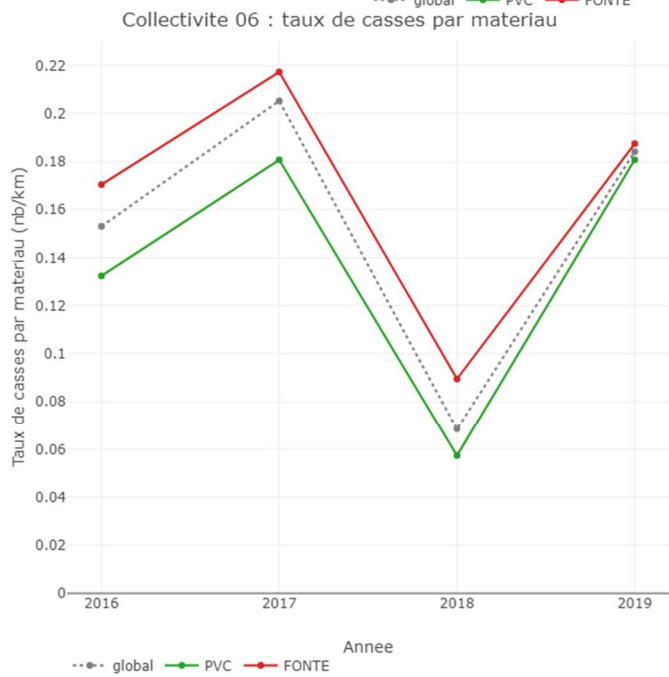
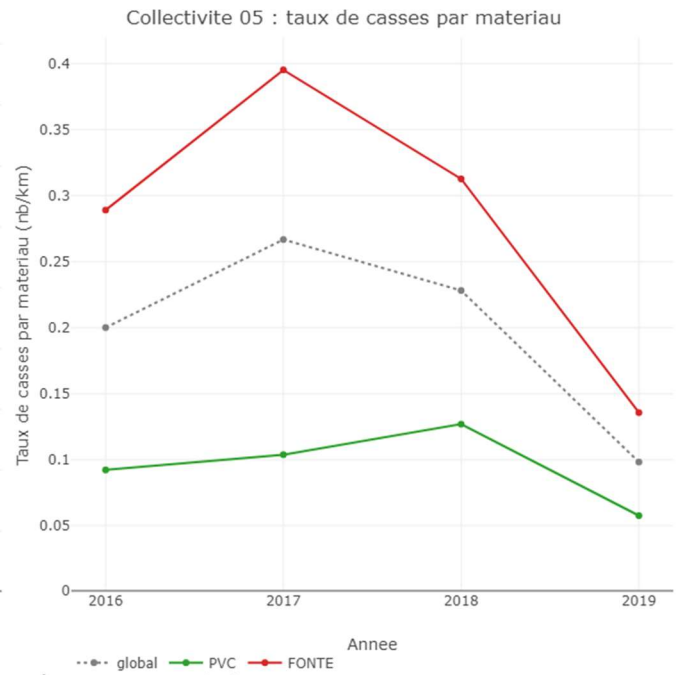
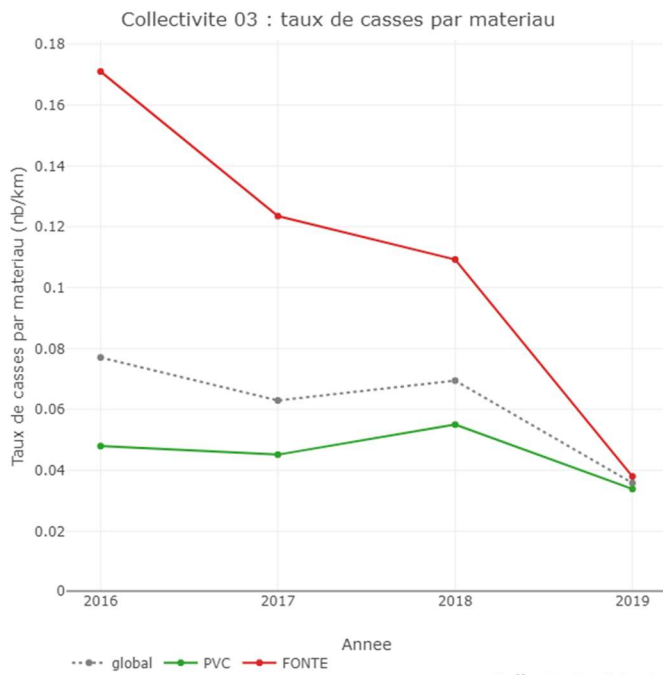


Figure 44 : Taux de casses par matériau dans les collectivités 03, 05 et 06

Les taux de casses sur fonte sont chaque année plus élevés que les taux de casses sur PVC.

5.3.1.2. Diamètre

Les données SIG des collectivités 04 et 10 ont permis de relier les interventions à un diamètre. Le graphique ci-dessous représente les taux de casses par diamètres qui ont été regroupés en 4 classes (afin d'avoir des longueurs de réseau dans chaque classe de diamètre équilibrées).

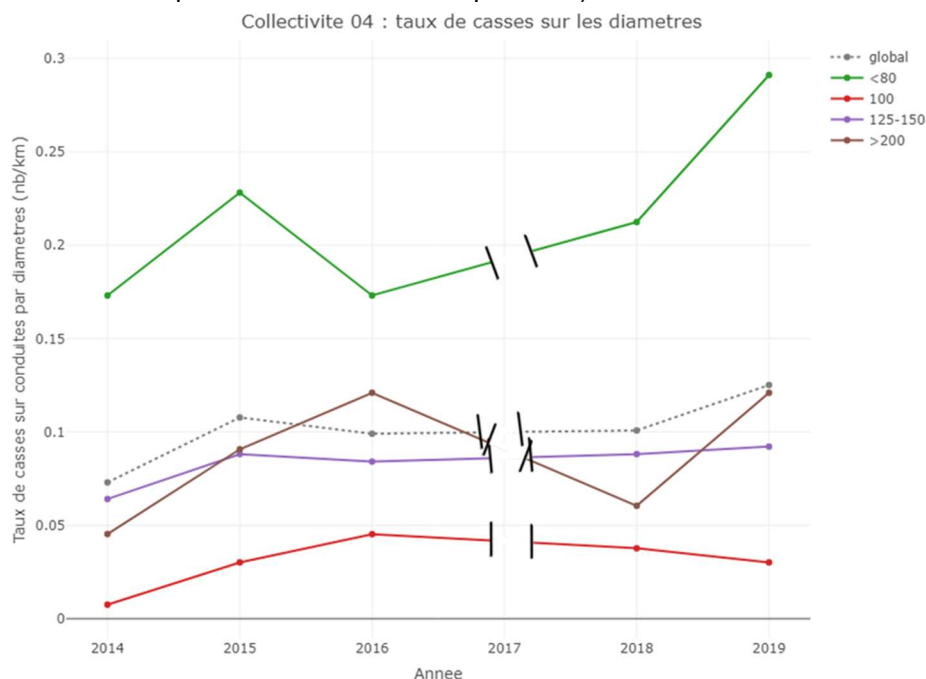


Figure 45 : Taux de casses par diamètres sur 5 ans dans la collectivité 04

Ce graphique montre que les taux de casses sur les plus petits diamètres (inférieurs à 80 mm) sont chaque année bien plus élevés que les autres diamètres. Il n'y a cependant pas de relation entre les taux de casses et le diamètre pour les diamètres supérieurs à 80 mm.

Le graphique ci-dessous représente également les taux de casses par diamètres par an mais de la collectivité 10, les classes de diamètres sont différentes pour avoir des longueurs de chaque classe de diamètre équilibrées.

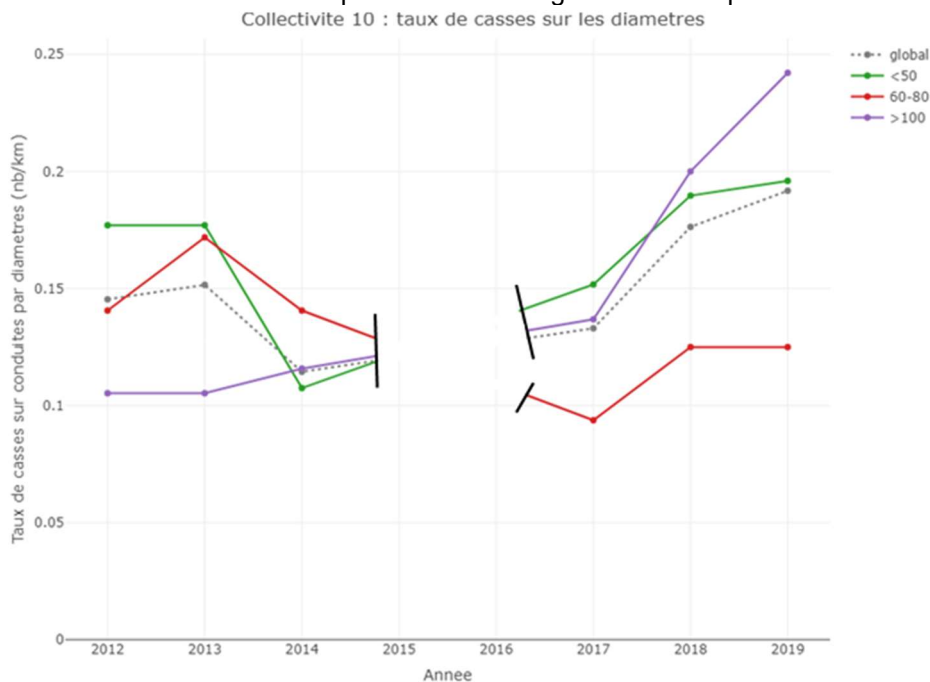


Figure 46 : Taux de casses sur diamètres sur 6 ans dans la collectivité 10

Ce graphique ne montre aucune relation entre le diamètre et les taux de casses. Dans cette collectivité, les diamètres inférieurs à 80 mm n'ont pas de taux de casses plus élevés que les autres diamètres.

5.3.1.3. Période de pose

Les données SIG permettent également de lier chaque intervention à une période de pose. Le graphique ci-dessous représente les taux de casses en fonction des périodes de pose regroupées en 3 classes.

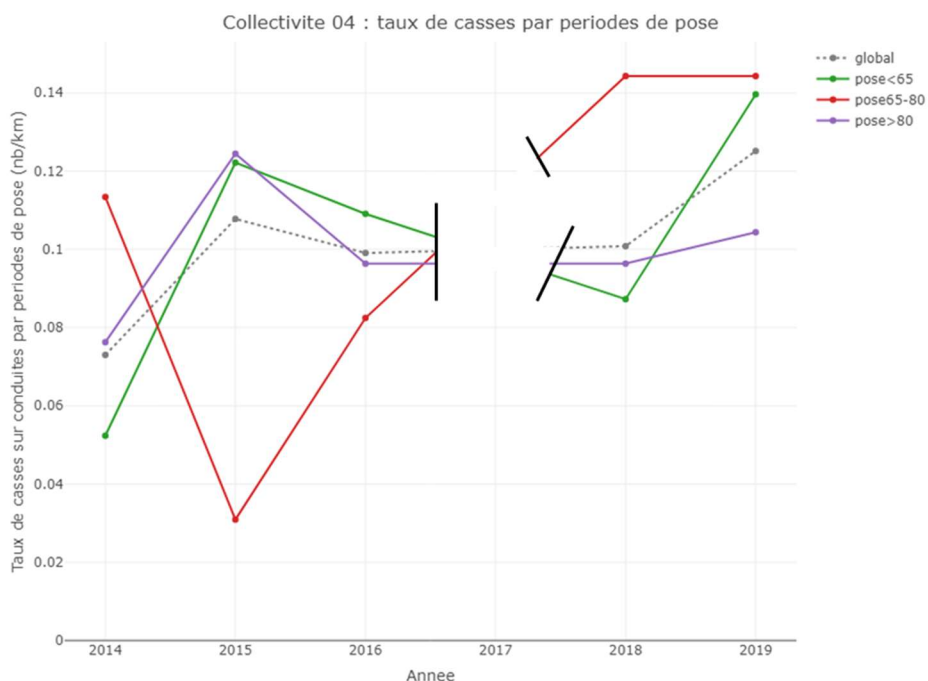


Figure 47 : Taux de casses par périodes de pose sur 5 ans dans la collectivité 04

Dans cette collectivité, il n'y a pas de relation entre la période de pose et le taux de casses. Le graphique suivant représente les taux de casses par périodes de pose regroupées en 4 classes dans la collectivité 10.

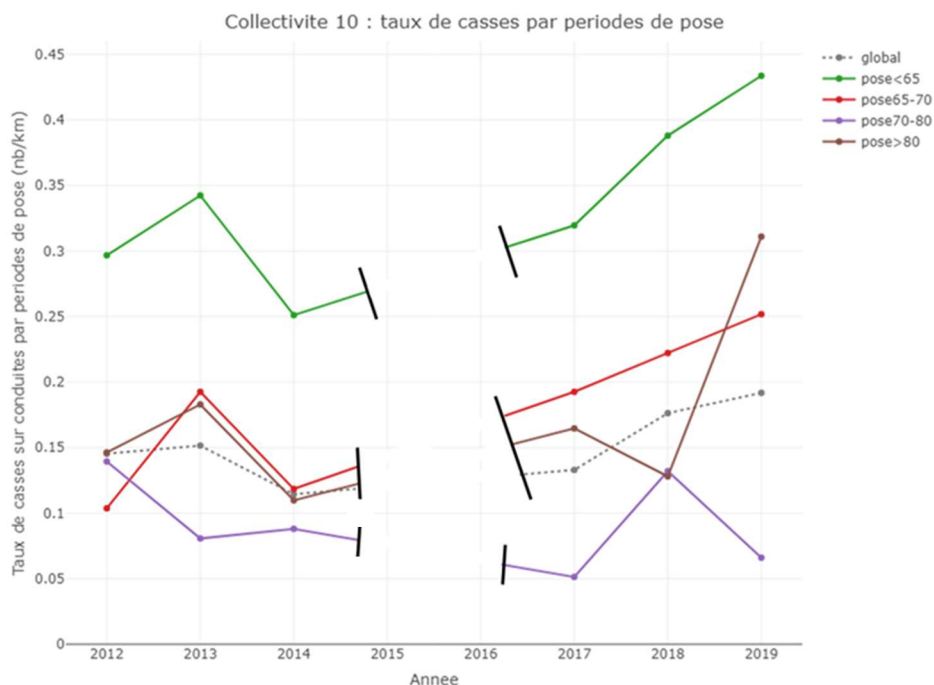


Figure 48 : Taux de casses par périodes de pose sur 6 ans dans la collectivité 10

Ce graphique montre que dans la collectivité 10, les canalisations posées avant 1965 ont chaque année des taux de casses plus élevés que les autres canalisations.

Les 4 graphiques précédents sur les diamètres et les périodes de pose montrent que certains types de canalisations ont des taux de casses plus élevés que les autres (canalisations de diamètres inférieurs à 80 mm dans la collectivité 04 et canalisations posées avant 1965 dans la collectivité 10), cependant ces résultats varient

d'une collectivité à l'autre, ils rendent donc forcément compte de facteurs de contexte différents du diamètre ou de la période de pose.

5.3.2. Taux de casses en fonction du contexte

5.3.2.1. Urbanisation

Les graphiques ci-dessous représentent les taux de casses sur toutes canalisations en fonction de la proportion de réseau en zone rurale (à gauche) et en zone urbaine (à droite).

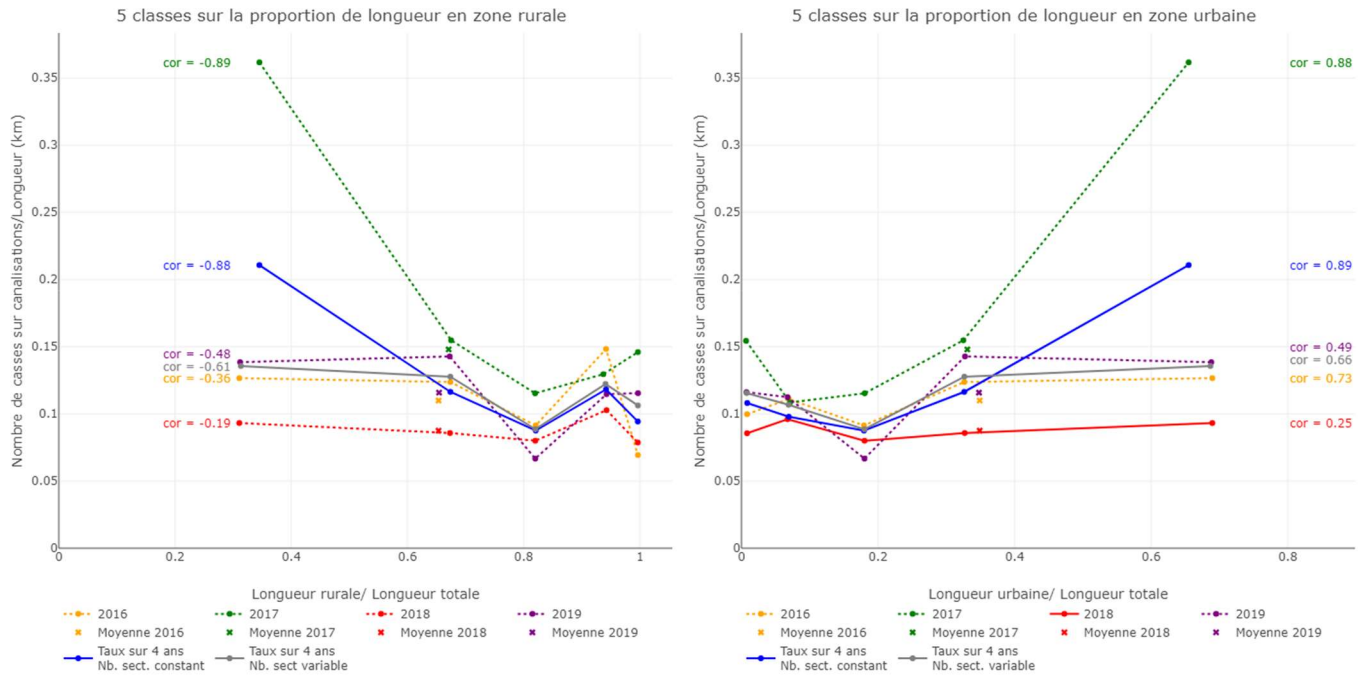


Figure 49 : Taux de casses en fonction de la proportion de réseau rural (à gauche) et de réseau urbain (à droite)

Les coefficients de corrélation entre les taux de casses et la proportion de réseau rural sont tous négatifs alors que ceux entre le taux de casses et la proportion de réseau urbain sont tous positifs. Cependant, les corrélations sont très faibles, sauf en 2017. La corrélation entre les taux de casses et la densité d'abonnés est représentée ci-dessous.

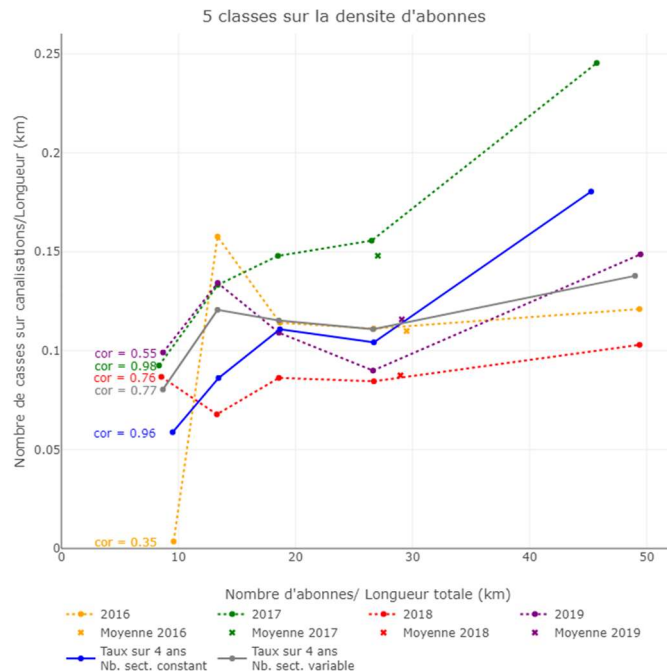


Figure 50 : Corrélation entre le taux de casses et la densité d'abonnés avec classement sur la densité d'abonnés

Bien que les coefficients soient un peu plus élevés, ils restent faibles. Lorsque les casses sont géolocalisées, les données SIG ont permis d'attribuer une zone urbaine ou rurale à chaque intervention. Le graphique ci-dessous représente les taux de casses en zone urbaine et en zone rurale dans les collectivités 04 et 10.

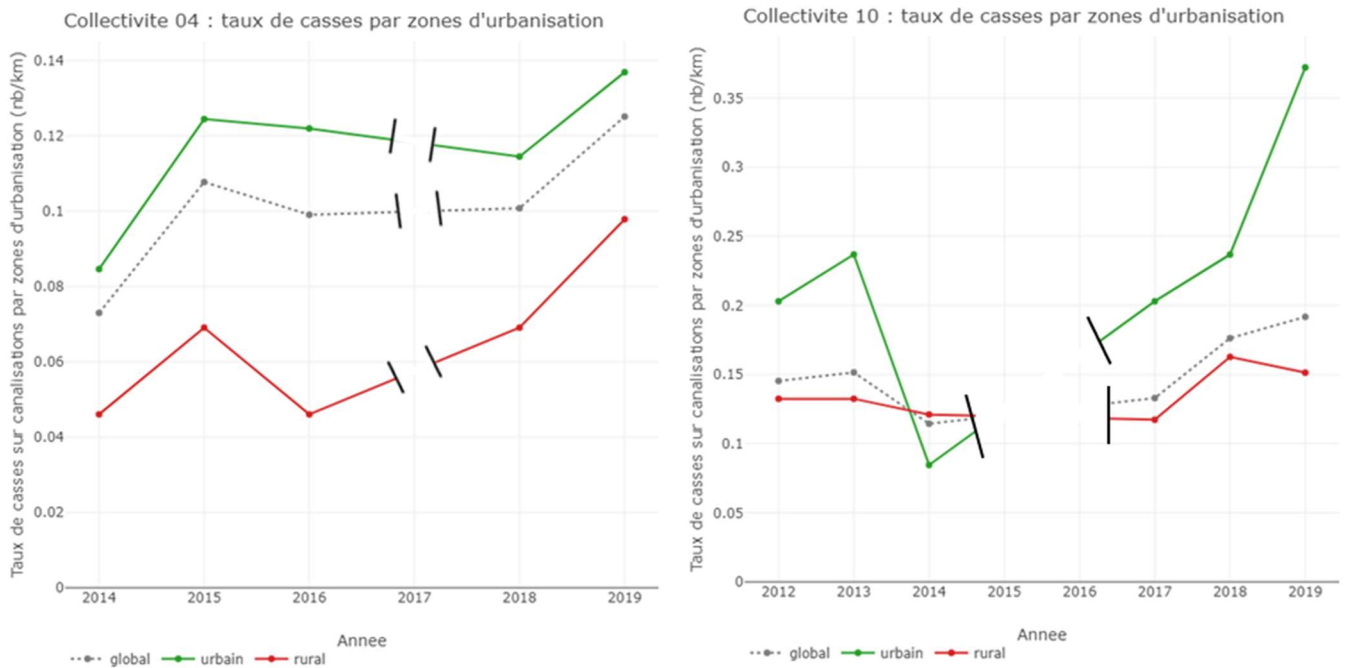


Figure 51 : taux de casses par zone d'urbanisation dans les collectivités 04 et 10

Les taux de casses en zone urbaine sont systématiquement supérieurs aux taux de casses en zone rurale dans la collectivité 04 (où la longueur urbaine représente 70 % du réseau), et c'est aussi le cas dans la collectivité 10 (où la longueur urbaine représente 18 % du réseau) sauf en 2014.

5.3.2.2. Aléas argiles

Les données SIG permettent de relier chaque intervention à une zone d'aléa argiles gonflantes. Le graphique ci-dessous représente les taux de casses par zones d'aléas dans les collectivités 04 et 10.

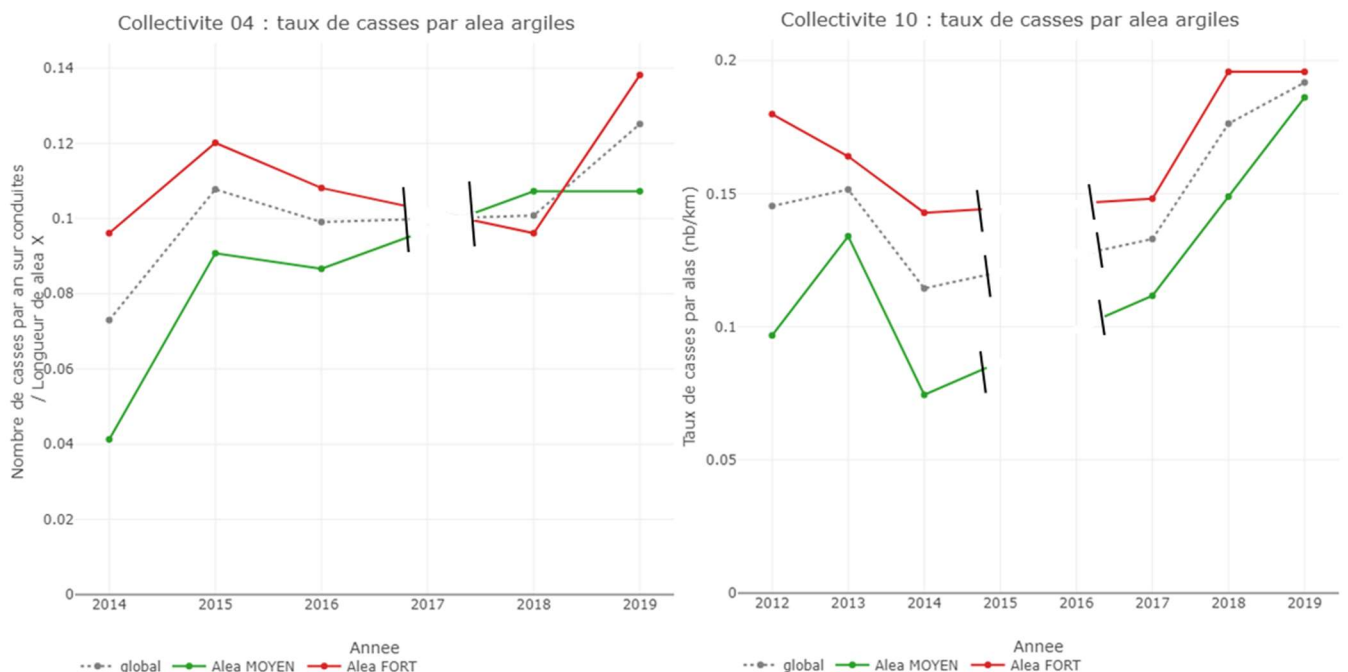


Figure 52 : Taux de casses par zone d'aléa argiles dans les collectivités 04 et 10

Dans la collectivité 04, les taux de casses sont plus élevés en aléa élevé qu'en aléa moyen 4 années sur les 5 étudiées et les taux de casses en zone d'aléa élevé sont toujours plus élevés qu'en zone d'aléa moyen dans la collectivité 10. Il est donc possible que le retrait-gonflement des argiles ait un impact sur la robustesse des canalisations. La partie 5.3.4 permet de distinguer les matériaux par zones d'aléas pour essayer d'écarter l'impact du patrimoine sur ces résultats.

5.3.2.3. Collectivités

De même que pour le débit de pertes, on suppose que les taux de casses dépendent de facteurs géographiques ou de gestion propres aux collectivités. Les taux de casses moyens par collectivités sont reportés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16 : Taux de casses moyen par collectivités

Collectivité	Nombre de secteurs	Taux de casses moyen (nb/km)	Ecart par rapport à la moyenne
02	15	0.13	- 7 %
03	20	0.06	- 57 %
04	9	0.11	- 21 %
05	9	0.20	+ 43 %
06	19	0.15	+ 7 %
07	8	0.14	0 %
09	10	0.06	- 57 %
10	9	0.12	- 14 %
11	11	0.24	+ 71 %
Toutes collectivités	110	0.14	

Les taux de casses de l'ensemble des secteurs par collectivités sont représentés en annexe 24. Les taux de casses d'une collectivité à l'autre sont plus variables que les Qpmoy/N, moins de collectivités étant proches de la moyenne. Une fois de plus certaines collectivités se distinguent par des taux de casses très différents des autres collectivités.

5.3.3. Taux de casses en fonction de l'urbanisation et du matériau

Les données SIG permettent d'associer chaque canalisation à un matériau et une zone urbaine ou rurale. Cela permet d'étudier l'influence du matériau indépendamment de l'urbanisation et inversement. Ce graphique n'a pas pu être effectué pour la collectivité 10 car elle ne contient que très peu de fonte en milieu rural.

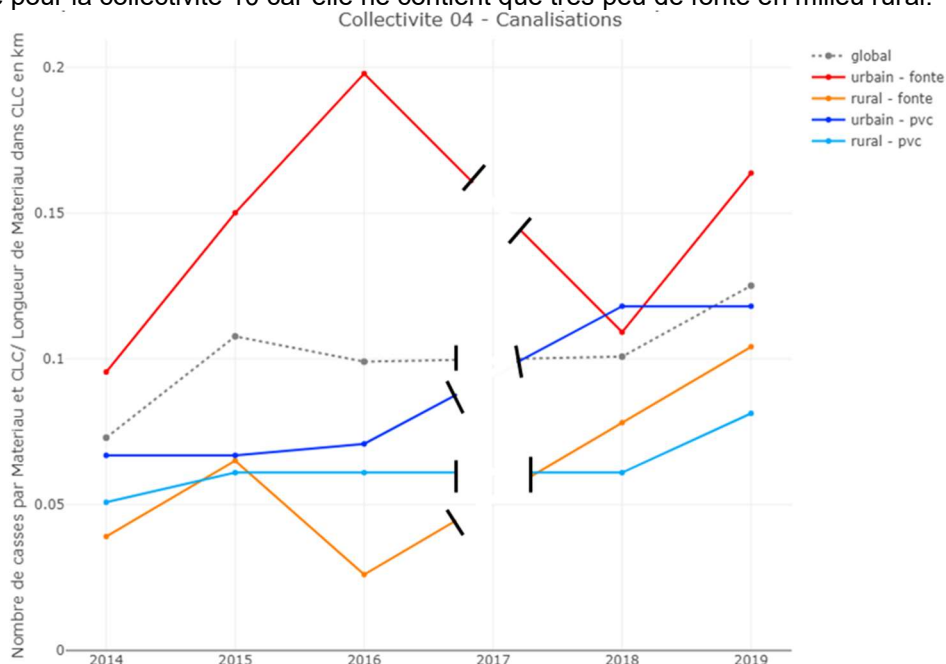


Figure 53 : Taux de casses par matériau et contexte d'urbanisation par an dans la collectivité 04

Ce graphique montre que pour un même matériau, les taux de casses sont plus élevés en milieu urbain qu'en milieu rural. En milieu urbain, les taux de casses sur canalisation en fonte sont plus élevés que sur les

canalisations en PVC chaque année sauf en 2018. En milieu rural, les taux de casses sur fonte et PVC sont proches.

L'urbanisation traduit plusieurs phénomènes. On peut penser que les sollicitations externes liées à la circulation ou aux travaux sont plus présentes dans les villes, mais on sait aussi que les conduites en milieu urbain ont généralement plus de branchements qui peuvent faire l'objet d'interventions. La fonte rurale est généralement utilisée pour l'adduction d'eau potable par le moyen de canalisations de gros diamètres, sans branchements. D'autre part, le PVC urbain est généralement de plus petit diamètre et supporte de nombreux branchements.

5.3.4. Taux de casses en fonction de l'aléa et du matériau

Chaque intervention est également associée à un matériau et une zone d'aléa argiles. Ce graphique n'a pas pu être effectué pour la collectivité 10 car elle ne contient que très peu de fonte.

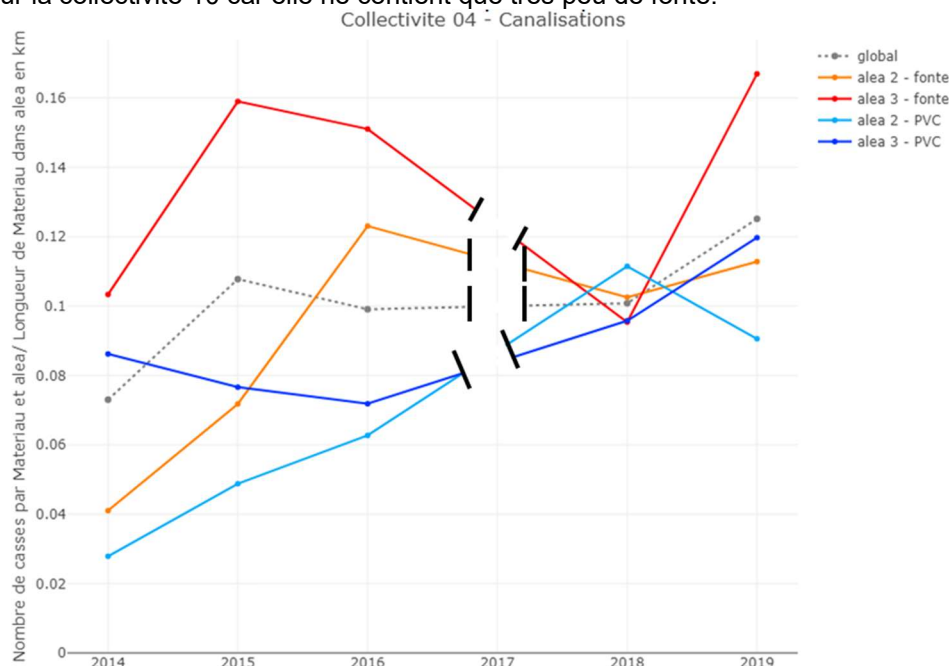


Figure 54 : Taux de casses par matériau et par niveau d'aléa argiles par an dans la collectivité 04

Pour un même matériau, les taux de casses sont toujours plus élevés en zone d'aléa élevé (aléa 3) tous les ans sauf en 2018. Dans une même zone d'aléa, les taux de casses sur fonte sont plus élevés que ceux sur PVC tous les ans sauf en 2018. Dans la collectivité 04, l'influence de l'aléa argiles gonflantes sur le taux de casses n'est donc pas biaisée par le matériau.

5.4. Etude des taux annuels moyens de conduite neuve sur 10 ans

5.4.1. Relation entre taux annuel moyen de conduite neuve et matériau

Les graphiques ci-dessous représentent le TCN10 en fonction de la proportion de réseau en PVC et de réseau en fonte. Le classement est effectué sur la proportion de PVC dans le graphique de gauche et la proportion de fonte dans le graphique de droite.

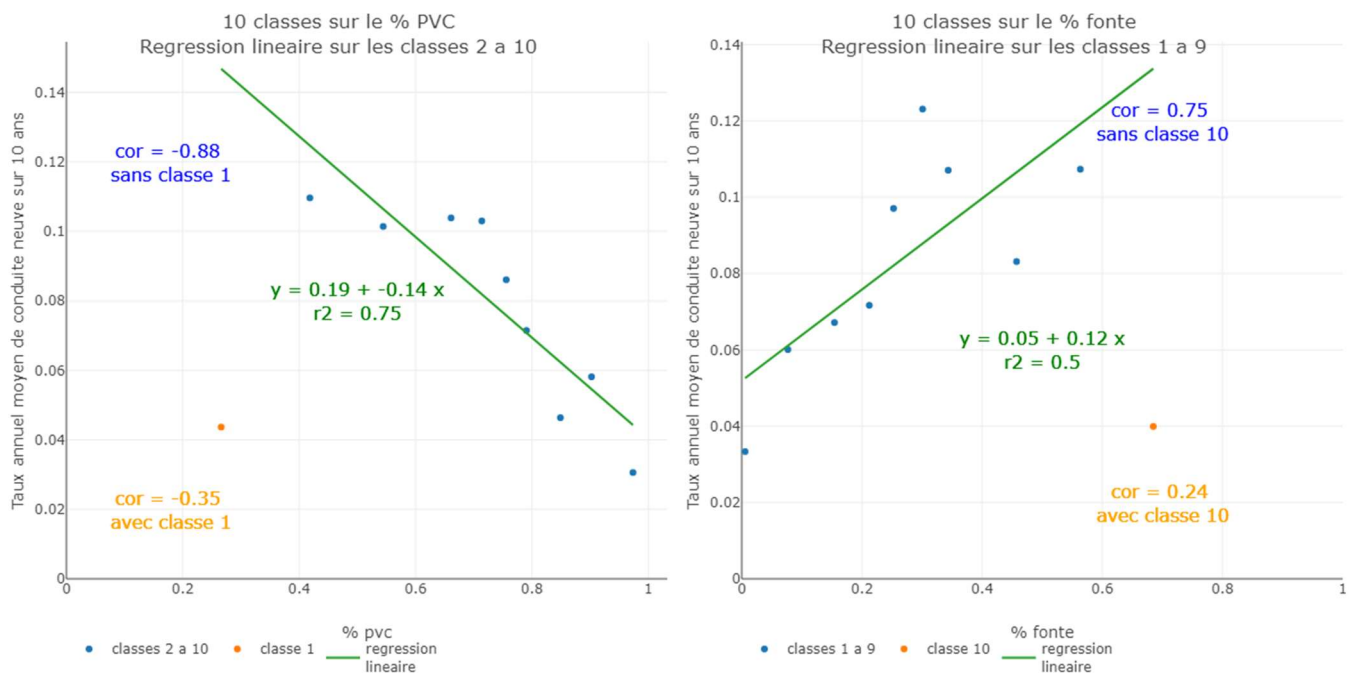


Figure 55 : TCN10 en fonction de la proportion de PVC (à gauche) et de fonte (à droite)

Les corrélations entre le TCN10 et les proportions de PVC et de fonte sont très faibles, sauf si on exclue la classe 1 sur la proportion de PVC et la classe 10 sur la proportion de fonte, ces classes contiennent des secteurs qui ont beaucoup de fonte en milieu rural. La corrélation entre le TCN10 et le matériau est donc négative avec le PVC et positive avec la fonte mais n'est pas vérifiée par tous les secteurs.

5.4.2. Relation entre taux annuel moyen de conduite neuve et urbanisation

Le graphique ci-dessous représente le TCN10 en fonction de la proportion de réseau en zone rurale et en zone urbaine.

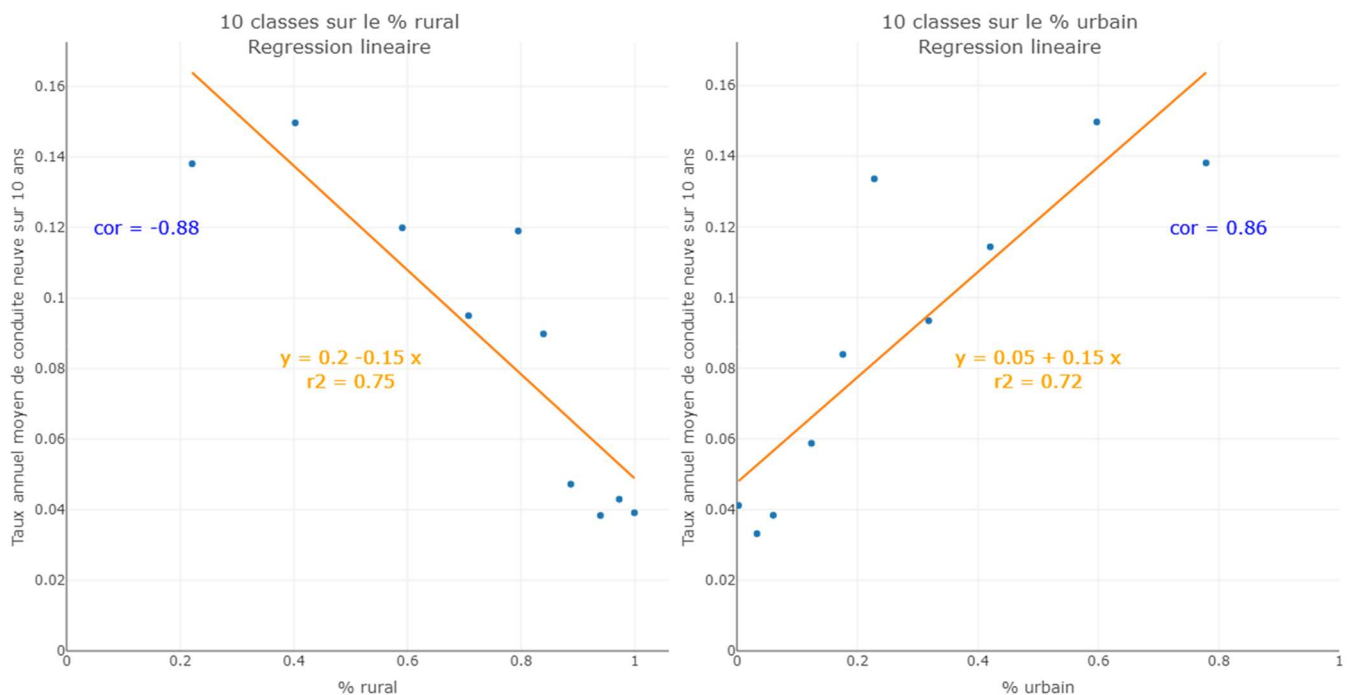


Figure 56 : TCN10 en fonction de la proportion de rural (à gauche) et d'urbain (à droite)

Le TCN10 est corrélé négativement à la proportion de réseau en zone rurale et positivement à la proportion de réseau en zone urbaine. La corrélation entre le TCN10 et la densité d'abonnés est de 0,87 avec 10 classes sur la densité d'abonnés (le graphique est en annexe 25). Le TCN10 est donc lié à l'urbanisation et il l'est en faible mesure au matériau, certainement car l'urbanisation est liée au matériau.

5.4.3. Etude du taux annuel moyen de conduite neuve dans les secteurs ruraux et riches en PVC

Les graphiques de la partie 5.4.1 (TCN10 en fonction du matériau) ont été faits sur les secteurs qui ont une grande proportion de réseau rural (plus de 80 % de rural, soit 92 secteurs) afin de s'affranchir au maximum du contexte d'urbanisation. De la même manière, les graphiques de la partie 5.4.2 ont été faits sur les secteurs qui possèdent une grande proportion de réseau en PVC (plus de 70 % de PVC, soit 81 secteurs) pour s'affranchir au maximum de l'influence du matériau.

Les résultats obtenus sont sensiblement les mêmes que sur l'ensemble des secteurs (les graphiques sont disponibles en annexe 25) : le TCN10 est très lié à l'urbanisation et peu lié au matériau.

5.5. Synthèse sur les résultats à l'échelle des secteurs

Les principaux résultats observés à l'échelle des secteurs de la Gironde sont synthétisés ci-dessous :

- L'augmentation du débit de pertes est davantage liée à l'augmentation du nombre d'abonné qu'à l'augmentation du linéaire ;
- Le débit de pertes par linéaire est très lié à l'urbanisation ;
- Le débit de pertes par abonnés est indépendant de l'urbanisation et très faiblement lié au patrimoine. Il est lié à des éléments de contexte qu'il reste à identifier ;
- Les taux de casses sur fonte sont plus élevés que les taux de casses sur PVC ;
- La relation entre les taux de casses et les périodes de pose d'une part, et les taux de casses et les diamètres d'autre part dépendent des collectivités étudiées ;
- Les taux de casses sont plus élevés en contexte urbain qu'en contexte rural ;
- Les taux de casses sont plus élevés dans les zones d'aléa lié aux argiles gonflantes fort que dans les zones d'aléa moyen ;
- Le taux annuel moyen de conduite neuve sur 10 ans est lié à l'urbanisation ;
- Le matériau est lié à l'urbanisation et au dénivelé mais cette relation n'est pas vérifiée dans tous les secteurs.

Les données de secteurs comportent des lacunes (durée des observations variables, suivi plus ou moins rigoureux). Le manque de données mène à des résultats peu généralisables. Bien que l'étude à l'échelle des secteurs ait permis d'enlever des facteurs de variabilités par rapport à l'étude des services, l'influence de l'urbanisation est toujours très présente et il est difficile de s'en affranchir. De plus, d'autres éléments de contexte à l'origine de variabilités interannuelles comme la météo ou le changement de mode de gestion de certains secteurs d'une année à l'autre par exemple interfèrent vraisemblablement avec les résultats. Bien que la diversité des exploitants soit réduite par rapport à l'échelle nationale, la pression exercée par le maître d'ouvrage a une influence certaine sur les débits de pertes.

6. Conclusion

Les paramètres de performance qui ont été étudiés dans ce rapport sont :

- A l'échelle des services :
 - l'indice linéaire des volumes non comptés ;
 - les volumes non comptés par abonnés ;
 - et l'indice de connaissance et de gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable sur 45 points.
- A l'échelle des secteurs :
 - le débit journalier de pertes par kilomètre de réseau ;
 - le débit journalier de pertes par abonné ;
 - et les taux de casses sur canalisations.

Les indicateurs de qualité, pour ce qui concerne la microbiologie et les paramètres physico-chimiques n'ont pas été étudiés à l'échelle des services car leurs valeurs sont toutes proches de 100 ne sont pas assez discriminantes. Les indicateurs de performance concernant le prix de l'eau font l'objet d'un rapport dédié [WITTNER, 2020].

L'étude du VNC ne rend pas compte de la performance d'un service car il dépend de sa taille. L'IVNC, qui prend en compte la taille du service, est très dépendant de l'urbanisation du service. Cette forte dépendance masque l'impact du patrimoine sur l'IVNC, rendant cet impact difficile à observer. Le VNC/N est indépendant de l'urbanisation des services mais l'impact du patrimoine sur celui-ci n'est pas visible, les variations de VNC/N dépendent, de toute évidence, de paramètres de contexte qui ont une plus grande importance que le patrimoine, qui sont difficiles à définir sur le territoire national et qui n'ont pas pu être identifiés.

L'étude à l'échelle des secteurs a permis d'écarter certains éléments de contexte présents à l'échelle nationale. Le débit de pertes par kilomètres de réseau est fortement dépendant de l'urbanisation des secteurs, masquant l'impact du patrimoine. Le débit de pertes par abonné est indépendant de l'urbanisation, mais l'impact du patrimoine n'est pas visible, le débit de pertes par abonné étant dépendant de facteurs locaux tels que la qualité de l'exploitation du réseau, non mesurables.

Des liens entre les taux de casses et le patrimoine ont été mis en évidence en Gironde, mais ces liens n'ont pu être identifiés que localement et ne peuvent pas être généralisés à l'ensemble du département. Les taux de casses dépendent de facteurs de contexte : l'urbanisation, l'aléa retrait-gonflement des argiles et de facteurs locaux non identifiés.

En conclusion il apparaît que les paramètres de contexte (l'urbanisation, la nature du terrain, la gestion et l'exploitation du réseau, etc.) ont un impact sur la performance qui, dans nos approches statistiques, masque celui que pourrait avoir le patrimoine selon ses caractéristiques connues.

A ce stade, il n'est donc pas pertinent de proposer un indicateur ou une méthode qui permette de moduler les objectifs de performance du service du point de vue des pertes en fonction des caractéristiques qualitatives du réseau.

Il faut noter que l'ICGP sur 45 points recalculés à partir des données SIG collectées conduit à des résultats plus faibles que ceux renseignés dans la base SISPEA.

Sigles & Abréviations

AEAG : Agence de l'Eau Adour Garonne

AEAP : Agence de l'Eau Artois Picardie

AELB : Agence de l'Eau Loire Bretagne

AERM : Agence de l'Eau Rhin Meuse

AERMC : Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse

AESN : Agence de l'Eau Seine Normandie

AEP : Alimentation en Eau Potable

AFB : Agence Française pour la Biodiversité

CLC : Corine Land Cover

ICGP : Indice de Connaissance et de Gestion Patrimoniale

IRSTEA : Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

SISPEA : Système d'Information sur les Services Publics d'Eau et d'Assainissement

Lexique

$I_t(C_k)$: Index au temps t du compteur k
 T_t : Durée en secondes au temps t (temps depuis le 1^{er} janvier 1970 à minuit)
 $Qh_t(C_k)$: Débit horaire au temps t du compteur k
 $\omega(C_k)$: Coefficient du compteur (vaut 1 ou -1)
 Qh_t : Débit horaire du secteur au temps t
 $\delta_h(t)$: Coefficient du débit horaire du secteur (vaut 1 si débit présent et 0 sinon)
 $Qmoy_j$: Débit journalier moyen au jour j
 $Qmoy_{an}$: Débit journalier moyen à l'année an
 $Qmoy$: Débit journalier moyen du secteur
 $Qnuit_j$: Débit nocturne moyen au jour j
 $Qnuit_{an}$: Débit nocturne moyen à l'année an
 $Qnuit$: Débit nocturne moyen du secteur
 N_{an} : Nombre d'abonnés du secteur à l'année an
 L_{an} : Longueur de réseau du secteur à l'année an
 $\frac{Qmoy}{N}$: Débit journalier moyen par abonné du secteur
 $\frac{Qmoy}{L}$: Débit journalier moyen par kilomètres du secteur
 $\frac{Qnuit}{N}$: Débit nocturne moyen par abonné du secteur
 $\frac{Qnuit}{L}$: Débit nocturne moyen par kilomètres du secteur
 $QCnuit_j$: Débit de consommation moyenne journalière au jour j (m³/h)
 $QCmoy_j$: Débit de consommation moyenne nocturne journalière au jour j (m³/h)
 α_0 : Coefficient de consommation nocturne du secteur
 $\alpha_{0,ref an}$: Coefficient α_0 de l'année an calculé selon la méthode « référence »
 $\alpha_{0,1 an}$: Coefficient α_0 de l'année an calculé selon la méthode 1
 $\alpha_{0,2 an}$: Coefficient α_0 de l'année an calculé selon la méthode 2
 $\alpha_{0,3 an}$: Coefficient α_0 de l'année an calculé selon la méthode 3
 $QCsispea_{an}$: Consommation moyenne su service fournie par la base SISPEA (m³/an)
 $Nsispea$: Nombre d'abonnés du service
 $Lsispea$: Longueur du service (km)
 $QPnuit_j$: Débit de pertes nocturnes moyen journalier au jour j (m³/h)
 $QPmoy_j$: Débit de pertes moyen journalier au jour j (m³/h)
 $Pnuit_j$: Pression moyenne nocturne du secteur au jour j
 $Pmoy_j$: Pression moyenne journalière du secteur au jour j
 β_0 : Coefficient de pertes nocturnes
 $Qnuit_j$: Débit nocturne du secteur au jour j (m³/h)
 $Qmoy_j$: Débit journalier du secteur au jour j (m³/h)
 γ_j : Coefficient journalier de débit nocturne
 RS_j : Rendement du secteur

7. Bibliographie

- AQUADEP. «Eau potable : de la desserte universelle à la sécurisation - Rationalisation et gouvernance à l'échelle départementale.» Rapport scientifique du projet Aquadep, 2012, 182 p.
- BAZI, Anaïs. «Performance de la gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable - projet ChaPEau.» Mémoire de stage de master 2ème année, 2017, 80 p.
- CEMAGREF. «Logiciel de prévision des casses des réseaux d'eau potable - Logiciel Casses - Version 2.0.0.» Manuel d'utilisation, Bordeaux, 2010.
- CHEssel, D, J THIOULOUSE, et A.B. DUFOUR. «Introduction à la classification hiérarchique.» Septembre 2004.
- CHOLET, Lucile. «Efficacité des actions de réduction des pertes des réseaux d'Alimentation en Eau Potable - Etude de l'impact du renouvellement des canalisations et des branchements sur les pertes en eau des réseaux d'eau potable.» Rapport Projet de Fin d'Etudes, 2017, 44 p.
- CHOLET, Lucile, Alice VACELET, Alain HUSSON, et Eddy RENAUD. *Efficacité des actions de réduction des pertes des réseaux d'AEP*. Rapport final, Irstea, Veolia, VEDIF, 2018, 141 p.
- DEQUESNE, Jeanne, et Eric BREJOUX. *Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement - Panorama des services et de leur performance en 2015*. Eaufrance, Observatoire national des services d'eau et d'assainissement, Septembre 2018, 81 p.
- GOURLAOUEN, Constant. «Modélisation des débits de nuit des secteurs d'eau potable dans le but d'évaluer l'efficacité des actions de réduction des pertes.» Travail de fin d'études, Bordeaux, 2016, 76 p.
- GUERIN-SCHNEIDER, Laetitia, et Sylvain BARONE. *Construction d'un dispositif permanent d'évaluation du patrimoine des réseaux d'eau potable aux échelles nationale et de bassin - Axe 2*. Rapport Final 2019, ONEMA, IRSTEA, 2019, 27 p.
- HUSSON, Alain, Alice VACELET, Yves LEGAT, Anne-Emmanuelle STRICKER, et Eddy RENAUD. *Construction d'un dispositif permanent d'évaluation du patrimoine des réseaux d'eau potable aux échelles nationale et de bassin. Axe 1 : Approche technique*. Rapport final, IRSTEA, AFB, 2020, 102.
- LORENZ, M. O. «Methods of Measuring the Concentration of Wealth.» *Publications of the American Statistical Association*, janvier 1905: 12 p.
- MERLET, Caroline, Alain HUSSON, Yves LEGAT, et Eddy, WITTNER, Christophe RENAUD. *Evaluation du lien performance - patrimoine des réseaux d'eau potable*. Rapport intermédiaire, Bordeaux: IRSTEA, AFB, 2019, 47 p.
- Ministère de l'écologie et du développement durable. «Arrêté du 2 mai 2007 relatif aux rapports annuels sur le prix et la qualité des services publics d'eau potable et d'assainissement.» mai 2007.
- Ministère de l'écologie et du développement durable. «Décret n°2007-675 du 2 mai 2007 pris pour l'application de l'article L. 2224-5 et modifiant les annexes V et VI du code général des collectivités territoriales.» *Journal Officiel de la République Française*, mai 2007.
- Ministère de l'écologie, de développement durable, des transports et du logement. «Décret n°2012-97 du 27 janvier 2012 relatif à la définition d'un descriptif détaillé des réseaux des services publics de l'eau et de l'assainissement et d'un plan d'actions pour la réduction de spertes d'eau du réseau de distribution d'eau potable.» *Journal Officiel de la République Française*, janvier 2012.
- Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. «Arrêté du 2 décembre 2013 modifiant l'arrêté du 2 mai 2007 relatif aux rapports annuels sur le prix et la qualité des services publics d'eau potable et d'assainissement.» *Journal Officiel de la République Française*, décembre 2013.
- Observatoire national des services d'eau et d'assainissement. *Les indicateurs des services d'eau potable*. s.d. <http://www.services.eaufrance.fr/indicateurs/eau-potable> (accès le mai 7, 2019).
- PILLOT, J., E. RENAUD, et M. CLAUZIER. «A method of analysing night consumption in DMAs with high levels of seasonal variation.» s.d.
- RENAUD, Eddy. *Valeurs de référence de l'indice linéaire de pertes des réseaux d'alimentation en eau potable - Application dans le contexte du SAGE Nappes Profondes de Gironde*. Bordeaux: CEMAGREF, SMEGREG, Agence de l'eau Adour-Garonne, 2009, 63 p.
- RENAUD, Eddy, Dikra KHEDHAOUIRIA, et Marion CLAUZIER. *Réduction des pertes dans les réseaux d'alimentation en eau potable du département de la Gironde - Valorisation de la sectorisation dans la lutte contre les fuites*. Bordeaux: CEMAGREF, Conseil Général de la Gironde, Agence de l'eau Adour-Garonne, 2011, 84 p.
- RENAUD, Eddy, Dikra KHEDHAOUIRIA, Marion CLAUZIER, Amir NAFI, Christophe WITTNER, et Caty WEREY. *Réduction des fuites dans les réseaux d'alimentation en eau potable. Systèmes d'indicateurs et méthodologies pour la définition, la conduite et l'évaluation des politiques de lutte contre les fuites dans les réseaux d'eau potable. Fiches pratiques*. Rapport final, ONEMA, IRSTEA, 2012, 68 p.

RENAUD, Eddy, Julie PILLOT, Aurore LARGE, et Dikra KHEDHAOUIRIA. *Réduction des pertes dans les réseaux d'alimentation en eau potable du département de la Gironde - Rapport final*. Rapport final, Bordeaux: IRSTEA, Conseil général de la Gironde, 2012, 112 p.

WITTNER, Christophe, *Evaluation du lien performance - patrimoine des réseaux d'eau potable, Axe 2 Indicateurs financiers de la performance*. Rapport final, OFB, INRAE, 2020, 19 p.

8. Table des illustrations

Figure 1 : Etape de création des bases de données patrimoine-performance	7
Figure 2 : Cartographie des services des bases de données patrimoine-performance	11
Figure 3 : Représentation schématique de la création des 4 sous-échantillons.....	12
Figure 4 : Part de matériaux dans chaque classe de diamètres calculées sur les données SIG collectées	13
Figure 5 : Distribution des proportions de fonte et de PVC selon le caractère urbain ou rural.....	13
Figure 6 : Distribution des proportions de diamètres supérieurs à 300 mm selon le caractère urbain ou rural ...	14
Figure 7 : Distribution des proportions de fonte et de PVC dans les 5 classes d'hydroterritoires	14
Figure 8 : Distribution des proportions de longueurs posées avant 1945 dans les 5 classes d'hydroterritoires ..	15
Figure 9 : Distribution des proportions d'urbain et du dénivelé dans les 5 classes d'hydroterritoires	15
Figure 10 : Distribution des proportions de fonte et de PVC selon la taille des services.....	16
Figure 11 : Courbes cumulées (classement décroissant) sur les matériaux fonte et PVC.....	17
Figure 12 : Courbes cumulées (classement décroissant) sur les diamètres	18
Figure 13 : Interprétation d'une boîte à moustache.....	19
Figure 14 : Distribution des IVNC selon le caractère urbain ou rural.....	19
Figure 15 : Distribution de l'IVNC (en m ³ /km/j) dans les 5 classes d'hydroterritoires.....	20
Figure 16 : Représentation ACP des corrélations entre le patrimoine, la performance et le contexte	21
Figure 17 : IVNC en fonction de la proportion de fonte après CAH	22
Figure 18 : IVNC en fonction de la proportion de PVC après CAH.....	22
Figure 19 : IVNC en fonction des proportions de diamètres (<50, 50 à 100, >100) après CAH.....	23
Figure 20 : Etapes du traitement des données à l'échelle des secteurs.....	27
Figure 21 : Etapes de traitement des données brutes et journalières	28
Figure 22 : Distribution des valeurs de α 0 pour les 4 méthodes et les 3 années étudiées	31
Figure 23 : Distribution des débits de pertes moyens par abonné et par kilomètres	32
Figure 24 : Proportions de linéaire de matériau inconnu	33
Figure 25 : Taux de casses sur conduites par an	35
Figure 26 : Projection entre les points des interventions et les lignes du réseau pour les associer.....	36
Figure 27 : Comparaison des longueurs et des taux posés et renouvelés SISPEA et SIG sur 5 ans et sur 5 collectivités	38
Figure 28 : TCN10 calculés à partir des SIG.....	38
Figure 29 : Exemple de mise en évidence d'une relation après classification.....	40
Figure 30 : Densité d'abonnés en fonction de la proportion de PVC (à gauche) et de fonte (à droite)	41
Figure 31 : dénivelé en fonction des proportions de matériau après classement sur le matériau.....	42
Figure 32 : Débit de pertes en fonction du nombre d'abonnés (à gauche) et de la longueur (à droite)	42
Figure 33 : Débit de pertes par linéaire en fonction de la proportion de PVC (à gauche) et de fonte (à droite)...	43
Figure 34 : Débit de pertes par linéaire en fonction de la proportion de réseau rural (à gauche) et de zone urbaine (à droite).....	44
Figure 35 : Taux de casses en fonction du débit de pertes par linéaire	44
Figure 36 : Débit de pertes par abonné en fonction de la proportion de PVC (à gauche) et de fonte (à droite) ..	45
Figure 37 : Débit de pertes par abonné en fonction de la proportion de réseau rural (à gauche) et urbain (à droite).....	46
Figure 38 : Débit de pertes par abonné en fonction du dénivelé : classes sur le dénivelé.....	46
Figure 39 : Taux de casses sur canalisations en fonction du débit de pertes par abonné	47
Figure 40 : Débit de pertes par abonné en fonction du TCN10	48
Figure 41 : Taux de casses par matériau et par an	49
Figure 42 : Taux de casses en fonction des proportions de PVC (à gauche) et de fonte (à droite).....	49
Figure 43 : Taux de casses par matériau dans les collectivités 04 et 10.....	50
Figure 44 : Taux de casses par matériau dans les collectivités 03, 05 et 06.....	51
Figure 45 : Taux de casses par diamètres sur 5 ans dans la collectivité 04.....	52
Figure 46 : Taux de casses sur diamètres sur 6 ans dans la collectivité 10.....	52
Figure 47 : Taux de casses par périodes de pose sur 5 ans dans la collectivité 04.....	53
Figure 48 : Taux de casses par périodes de pose sur 6 ans dans la collectivité 10.....	53
Figure 49 : Taux de casses en fonction de la proportion de réseau rural (à gauche) et de réseau urbain (à droite).....	54
Figure 50 : Corrélation entre le taux de casses et la densité d'abonnés avec classement sur la densité d'abonnés	54
Figure 51 : taux de casses par zone d'urbanisation dans les collectivités 04 et 10.....	55
Figure 52 : Taux de casses par zone d'aléa argiles dans les collectivités 04 et 10.....	55
Figure 53 : Taux de casses par matériau et contexte d'urbanisation par an dans la collectivité 04	56

Figure 54 : Taux de casses par matériau et par niveau d'aléa argiles par an dans la collectivité 04	57
Figure 55 : TCN10 en fonction de la proportion de PVC (à gauche) et de fonte (à droite).....	58
Figure 56 : TCN10 en fonction de la proportion de rural (à gauche) et d'urbain (à droite)	58
Figure 57 : Tri des services d'après le paramètre IVNC de la base de données patrimoine-performance	73
Figure 58 : Tri des services d'après le paramètre VNC/N de la base de données patrimoine-performance	74
Figure 59 : Paliers de sélection des services sur les paramètres N et L	74
Figure 60 : Courbes cumulées (classement croissant) des matériaux fonte et PVC.....	75
Figure 61 : Courbes cumulées (classement croissant) et expérimentation	76
Figure 62 : Résidus en fonction des VNC observés	81
Figure 63 : Résidus relatifs en fonction du VNC observé	81
Figure 64 : VNC prédits en fonction des VNC observés	82
Figure 65 : Schématisation de la validation croisée par la méthode de Monte-Carlo.....	83
Figure 66 : Validation croisée par la méthode Monte-Carlo du modèle linéaire	83
Figure 67 : Cartographie des six classes de territoires créées	85
Figure 68 : Cartographie des trois classes de zones géographiques	87
Figure 69 : Prédications en fonction des observations des $\ln(\text{VNC}/N)$ à gauche et des VNC/N à droite	88
Figure 70 : Durée des données de compteurs brutes.....	89
Figure 71 : Exemple de réinitialisation d'un compteur n'impliquant pas de traitement	90
Figure 72 : Exemples de disfonctionnement de compteurs	90
Figure 73 : Méthode de calage des pas de temps sur les heures piles.....	91
Figure 74 : Tri manuel des débits horaires.....	92
Figure 75 : Tri manuel des débits horaires : cas d'une fuite suivie d'une intervention et données très élevées ..	92
Figure 76 : Durée des données de compteurs journalières exploitées.....	94
Figure 77 : Débits nocturnes journaliers du secteur Deux-Rives E.....	95
Figure 78 : Suppression de données trop différentes du reste de la chronique	95

Tableau 1 : Classes sur les données de patrimoine et abréviations utilisées.....	9
Tableau 2 : Critères de sélection des services.....	11
Tableau 3 : Coefficients de corrélation entre les proportions de matériaux et de périodes de pose (échantillon total).....	12
Tableau 4 : Coefficients de corrélation entre les proportions de matériaux et de diamètres (échantillon total) ...	12
Tableau 5 : Coefficients de corrélation entre les proportions de matériaux et l'IVNC.....	16
Tableau 6 : Coefficients de corrélation entre les proportions de diamètres et l'IVNC.....	16
Tableau 7 : Coefficients de corrélation entre les proportions de périodes de pose et l'IVNC.....	17
Tableau 8 : Paramètres de performance en fonction du mode de gestion	18
Tableau 9 : Coefficients de corrélation entre le VNC et les paramètres de contexte	20
Tableau 10 : Inventaire des modèles testés.....	23
Tableau 11 : Comparaison des ICGP45 renseignés dans SISPEA et des ICGP45 calculés avec les SIG	25
Tableau 12 : Estimation des α_0 pour les 4 méthodes sur les 116 secteurs	31
Tableau 13 : Années des interventions et nombre d'interventions des collectivités 04 et 10	35
Tableau 14 : Longueurs SIG et SISPEA de pose et de renouvellement comparées à l'échelle du service	37
Tableau 15 : Débit de pertes par abonné moyens par collectivités	47
Tableau 16 : Taux de casses moyen par collectivités.....	56
Tableau 17 : Coefficients du modèle linéaire sur les variables de patrimoine	86
Tableau 18 : Coefficients du modèle linéaire sur les variables de contexte	86
Tableau 19 : Coefficients $\beta_{0,i}$ du modèle de prédictions de $\ln(\text{VNC}/N)$	88

9. Annexes

9.1. Annexe 1 : Classes de la base de données patrimoine

Classes de matériaux

Matériau	Précisions sur le contenu de la classe
Fonte grise (FG)	
Fonte ductile (FD)	
Fonte indéterminée (FI)	
PVC « vieux » (PVCV)	PVC posés avant 1980
PVC « récent » (PVCR)	PVC posés après 1980
PVC indéterminé (PVCi)	
Amiante-Ciment (AC)	
Acier (A)	
Divers	Béton âme tôle, béton indifférencié, polyéthylène basse densité et polyéthylène haute-densité essentiellement.
Inconnu	

Classes de périodes de pose

Période de pose
Antérieure à 1945
1945 à 1965
1965 à 1970
1970 à 1980
1980 à 1990
Postérieure à 1990
Inconnue

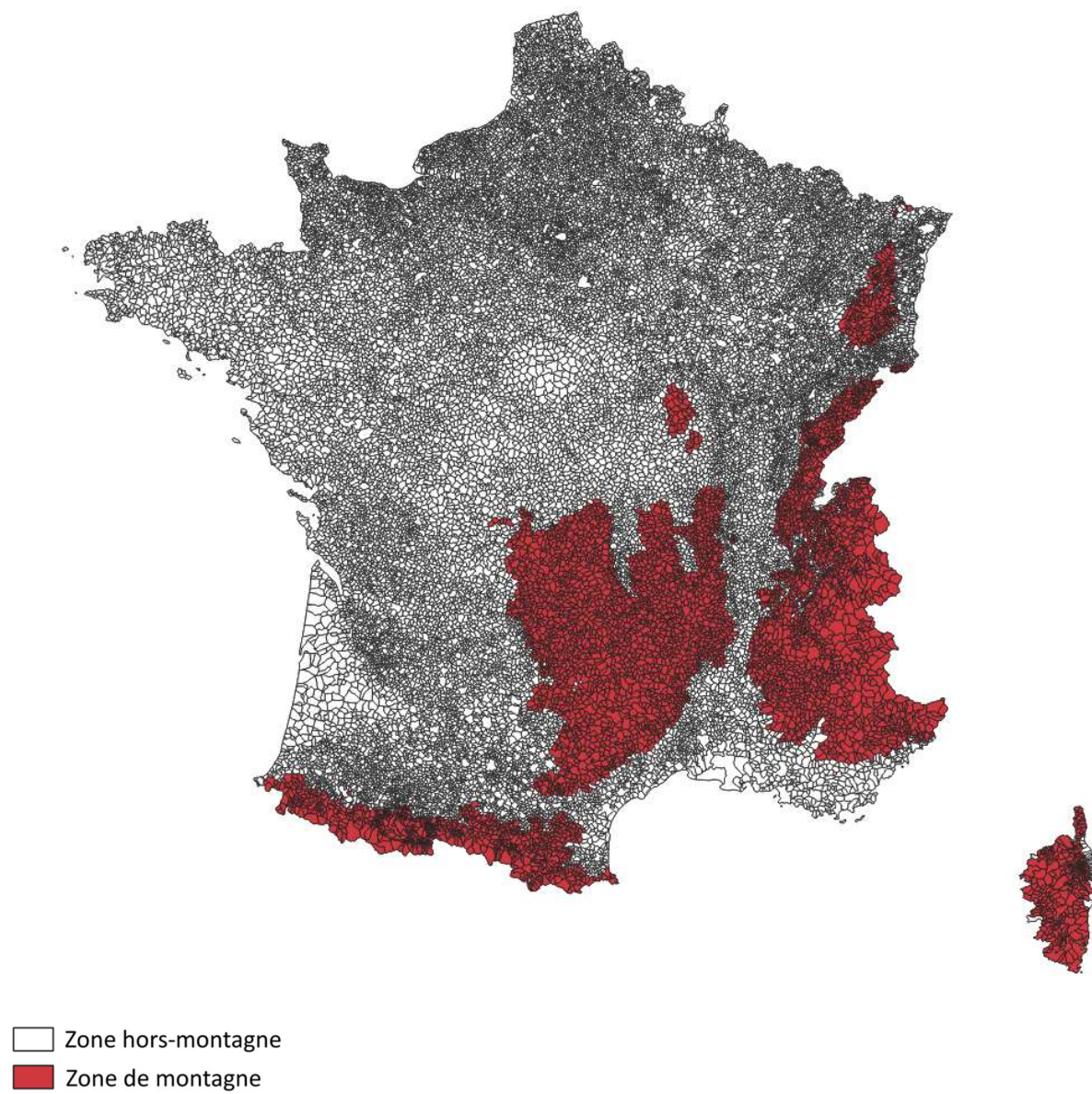
Classes de diamètres

Tous les diamètres sont des diamètres intérieurs.

Nom de la classe	Précisions sur le contenu de la classe
Inférieur à 50	$D \leq 55$
60 à 80	$55 < D \leq 90$
100	$90 < D \leq 113$
125 à 150	$113 < D \leq 175$
200 à 250	$175 < D \leq 275$
Supérieur à 300	$D > 275$
Inconnu	

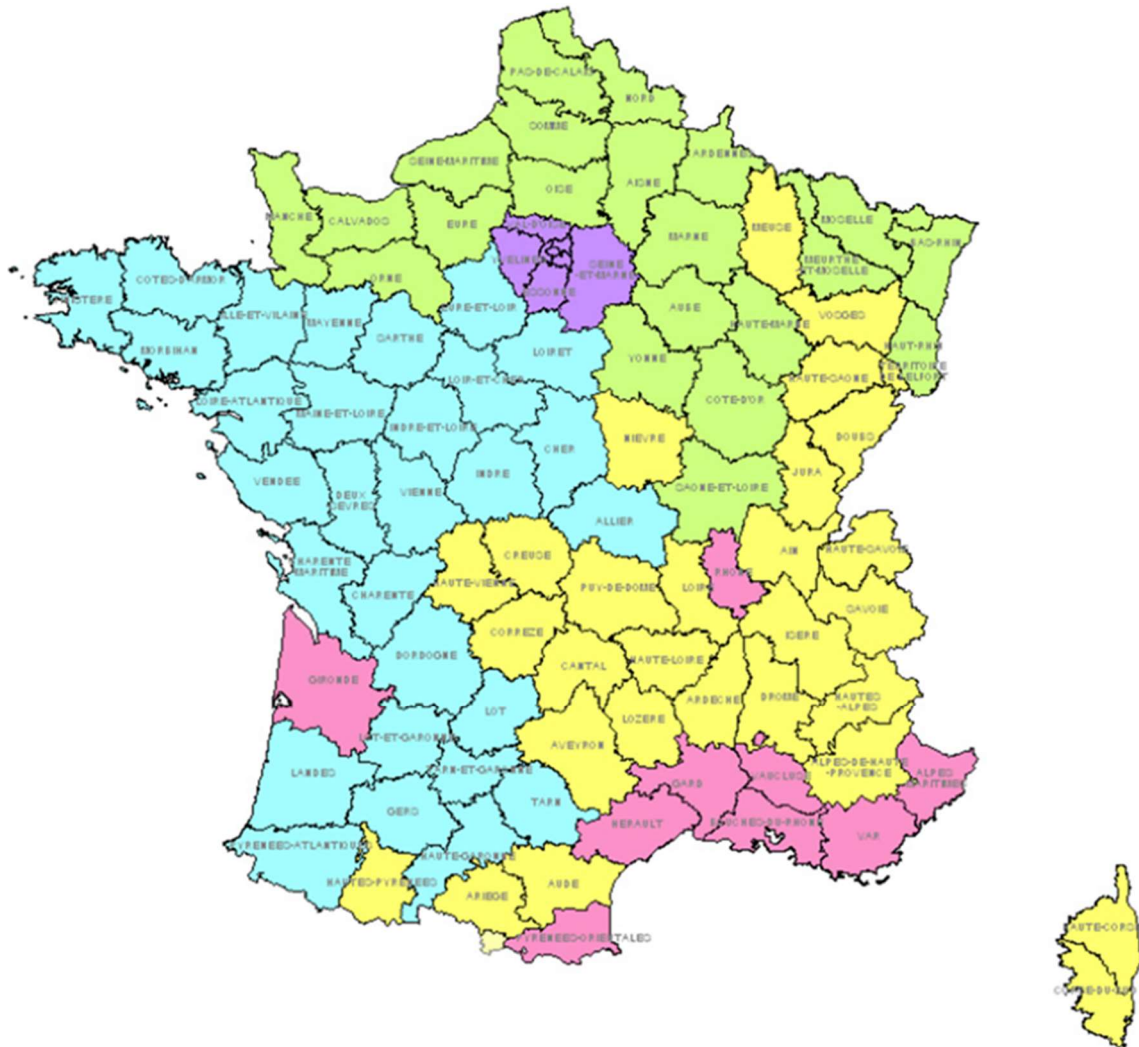
Plus de précisions sur la création de la base de données sont disponibles dans le rapport *Construction d'un dispositif permanent d'évaluation du patrimoine des réseaux d'eau potable* [HUSSON, 2020].






9.2. Annexe 2 : Carte des communes en zone de montagne



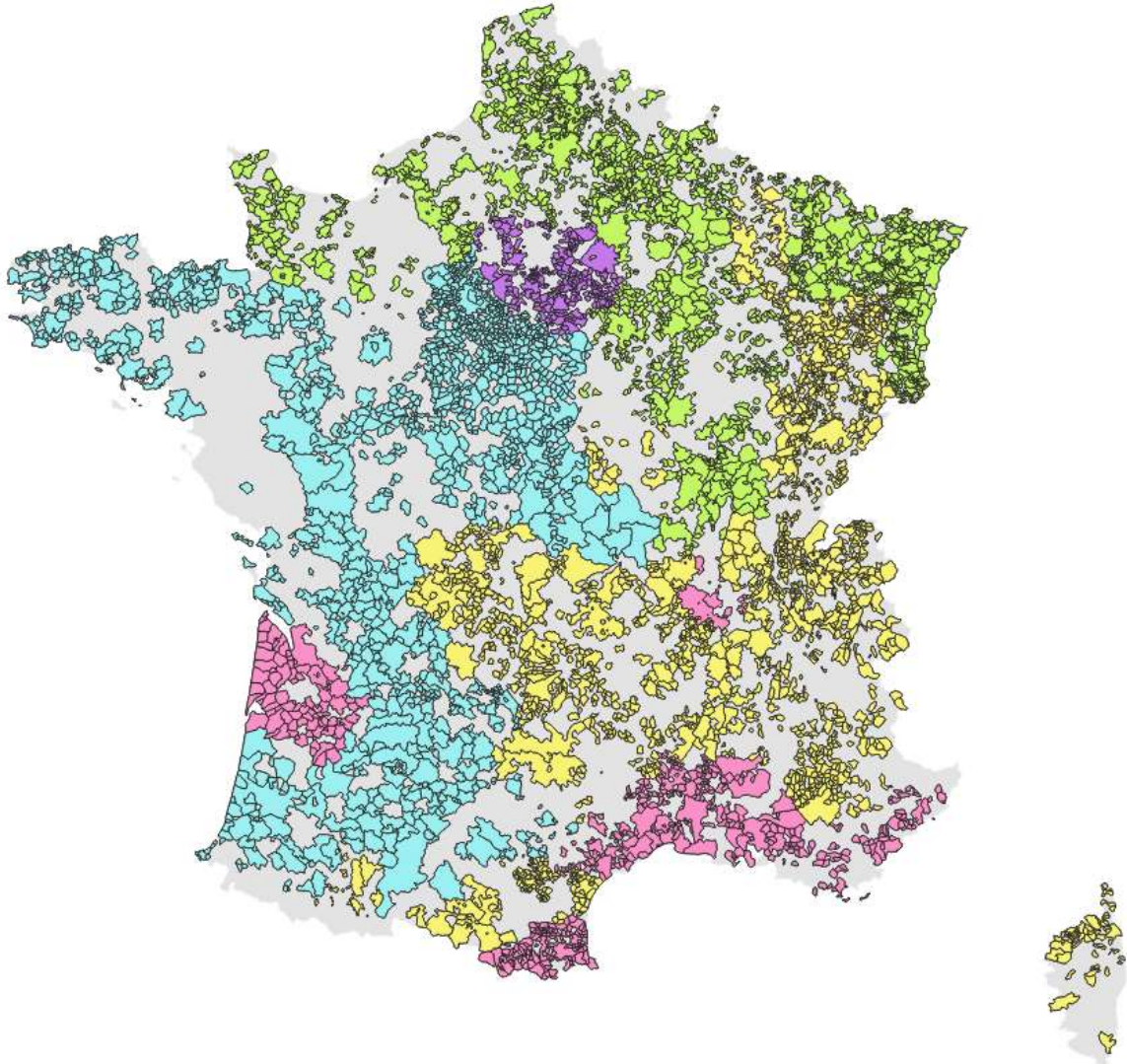
9.3. Annexe 3 : Carte des hydroterritoires (Aquadep, 2012)

A. Par départements à l'échelle nationale



-  Moyenne et haute montagne
-  France de l'Est et du Nord-ouest
-  France de l'Ouest et du Sud-Ouest
-  Sud Urbanisé
-  Ile-de-France

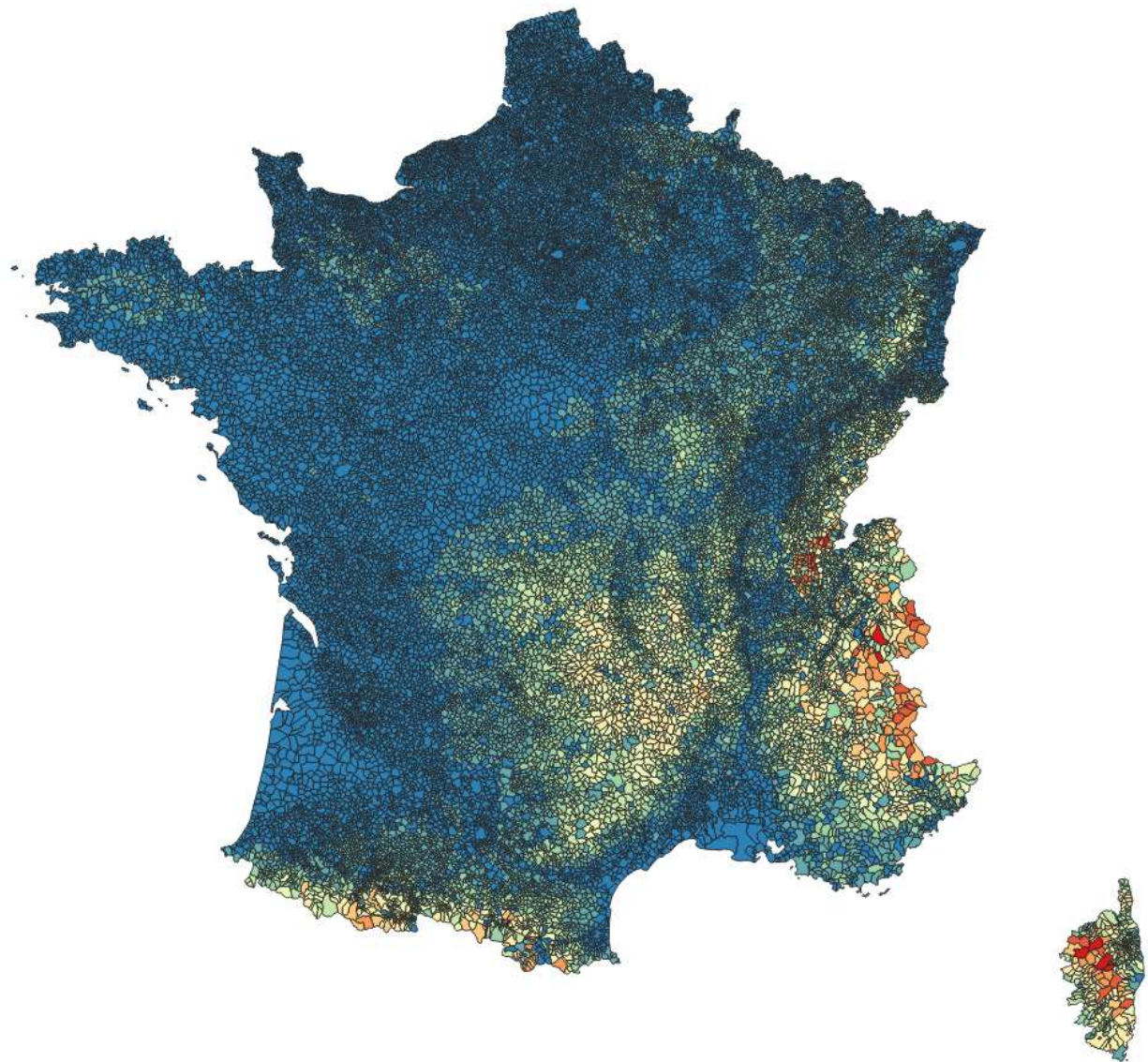
B. Par services de la base de données patrimoine-performance (5708 services)



- Moyenne et haute montagne
- France de l'Est et du Nord-ouest
- France de l'Ouest et du Sud-Ouest
- Sud Urbanisé
- Ile-de-France

9.4. Annexe 4 : Cartes du paramètre « dénivelé »

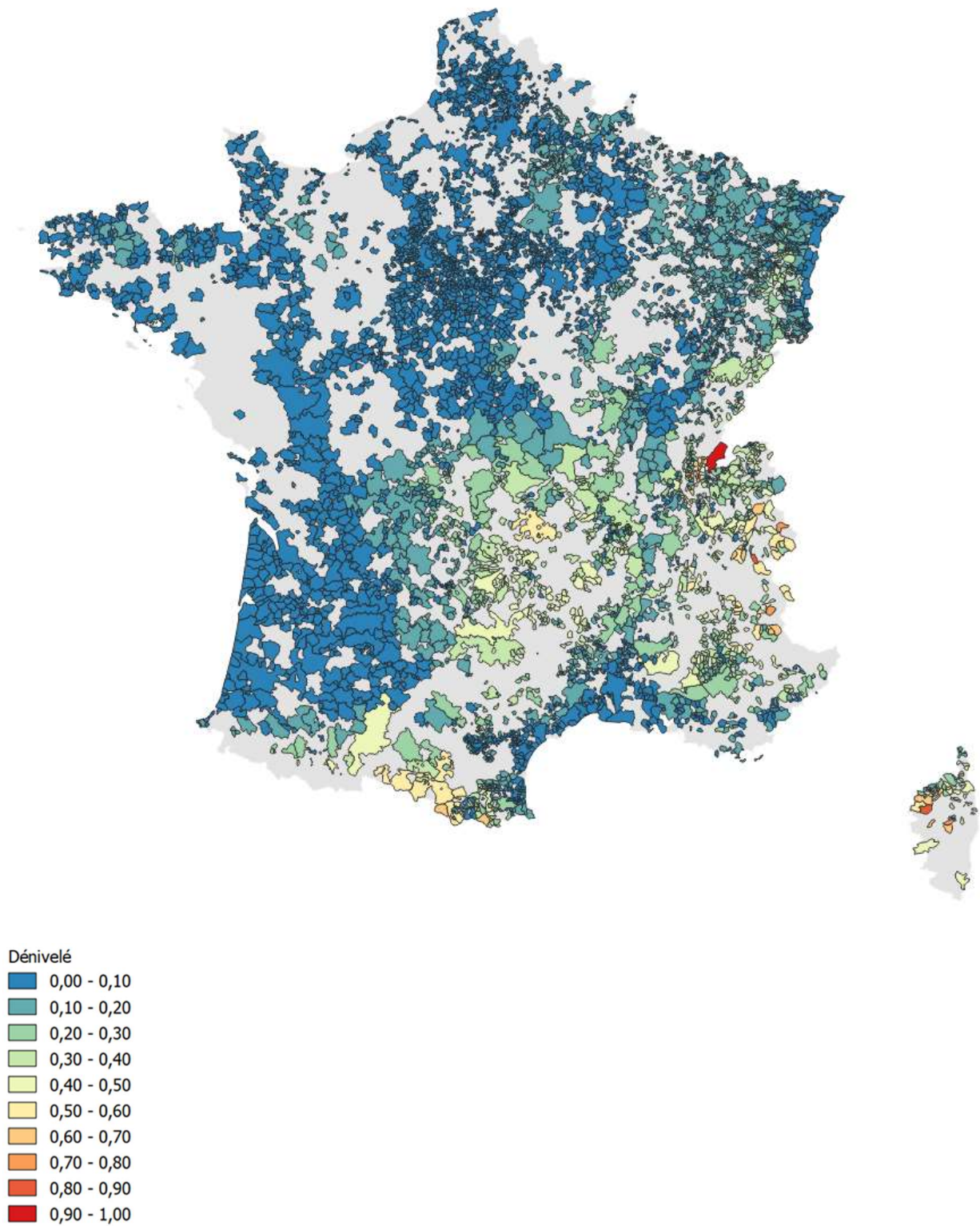
A. Par communes sur le territoire national



Dénivelé

■	0,00 - 0,10
■	0,10 - 0,20
■	0,20 - 0,30
■	0,30 - 0,40
■	0,40 - 0,50
■	0,50 - 0,60
■	0,60 - 0,70
■	0,70 - 0,80
■	0,80 - 0,90
■	0,90 - 1,00

B. Par services de la base de données patrimoine-performance (5708 services)



9.5. Annexe 5 : Tri des services de la base de données performance-patrimoine

La méthode est la suivante : pour l'IVNC, les données sont classées par IVNC croissants, le rang est cumulé et représenté en abscisses sur un graphique et la valeur de l'IVNC est reportée en ordonnées. Cette méthode permet de distinguer visuellement les valeurs très élevées et très faibles. Les limites supérieures et inférieures sont estimées graphiquement sur la Figure 57.

Quantile	10 %	25 %	Médiane	75 %	90 %
IVNC (m ³ /km/j)	0,6	1,2	2,6	5,1	9,4

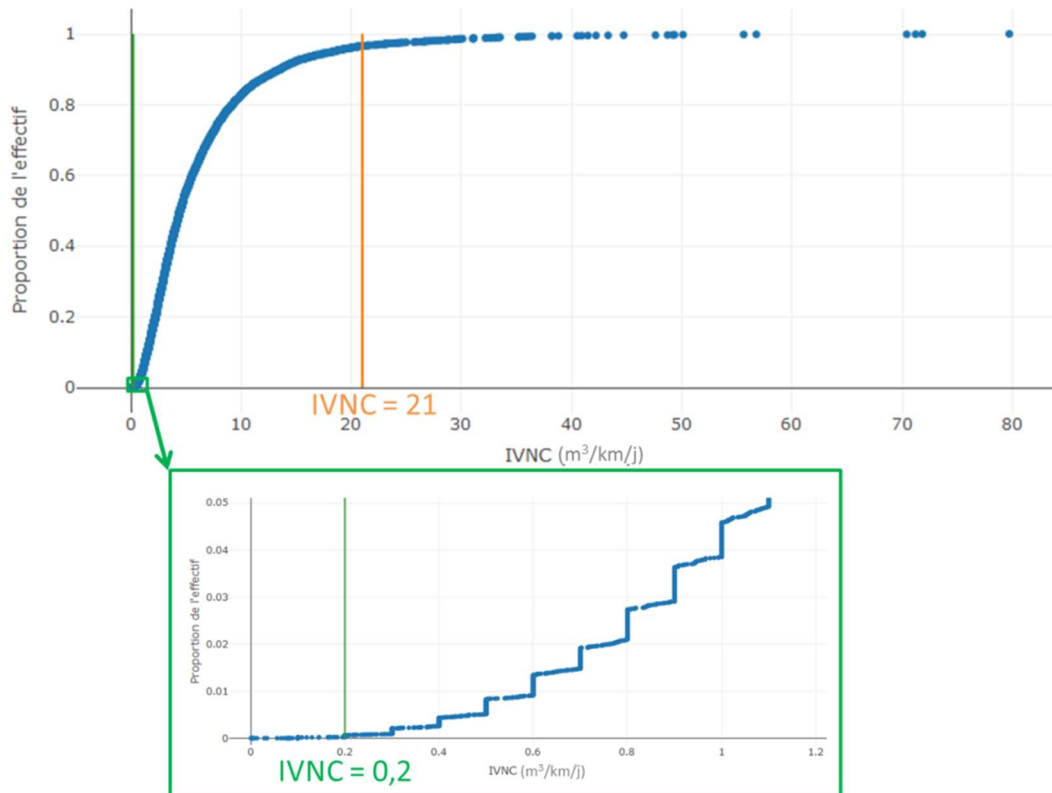


Figure 57 : Tri des services d'après le paramètre IVNC de la base de données patrimoine-performance

103 services de la base de données patrimoine-performance ont un IVNC supérieur à 21 m³/km/j et 91 services ont un IVNC inférieur à 0,2 m³/km/j, ces services seront retirés de la base de données. La même méthode est appliquée au VNC/N :

Quantile	10 %	25 %	Médiane	75 %	90 %
IVNC (m ³ /an/N)	10,9	21,0	35,8	58,8	94,9

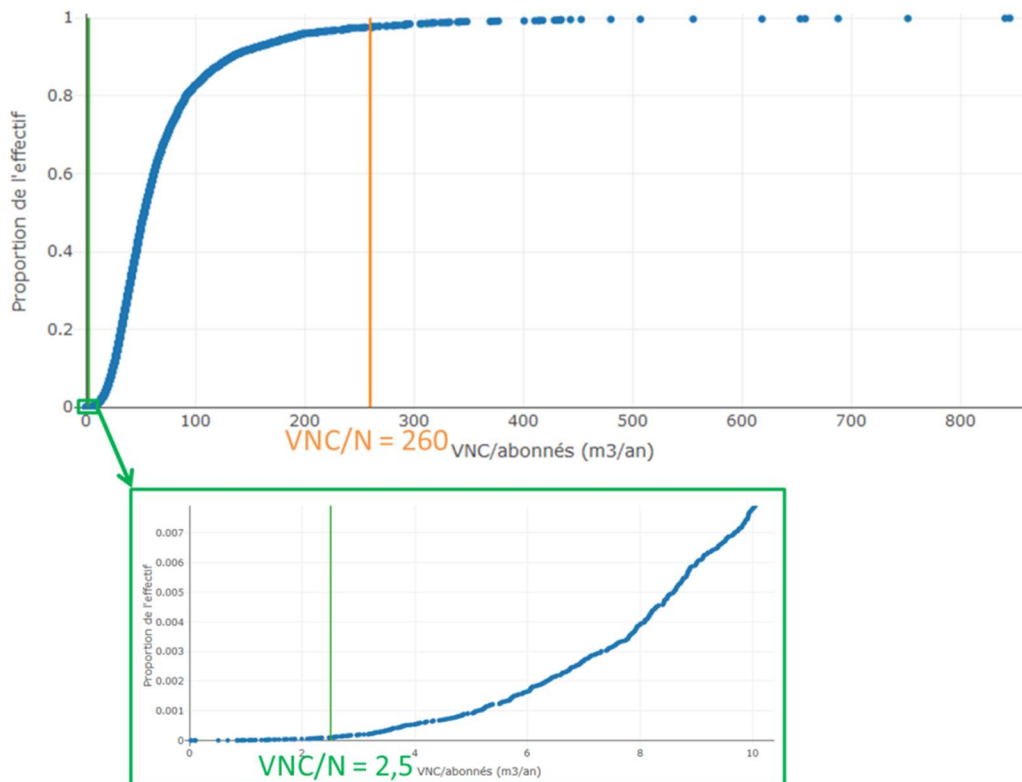


Figure 58 : Tri des services d'après le paramètre VNC/N de la base de données patrimoine-performance

74 services ayant un VNC/N supérieur à 260 m³/an/N et 59 services ayant un VNC/N inférieur à 2,5 m³/an/N sont ainsi écartés. La même méthode est appliquée au nombre d'abonnés et à la longueur de réseau afin de supprimer les plus gros services qui ont un grand impact sur la modélisation :

Quantile	10 %	25 %	Médiane	75 %	90 %
N	102	215	571	1857	5319
L (km)	4,2	9,3	23,3	64,5	185,9

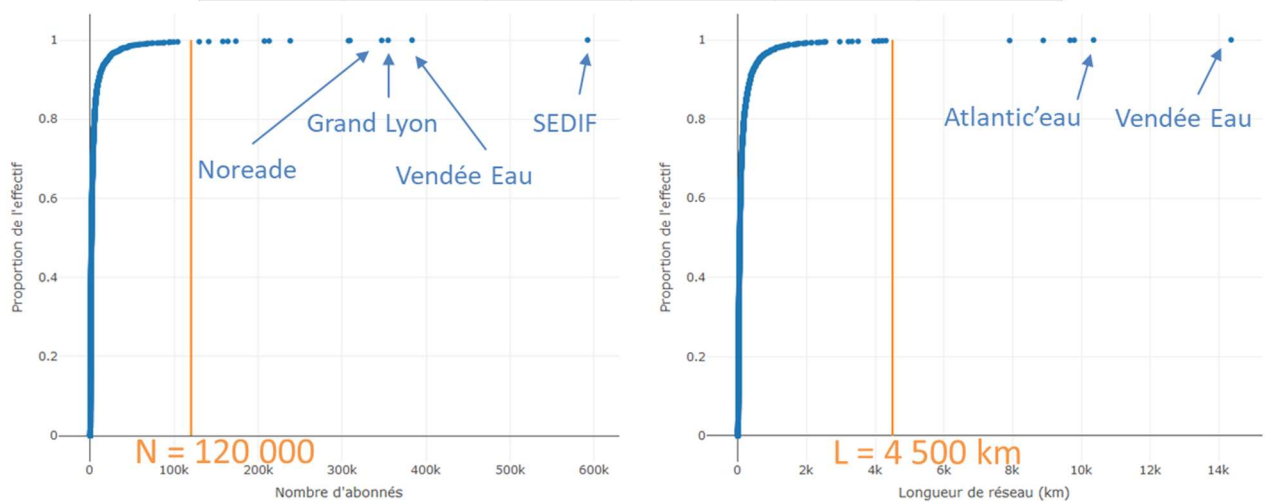


Figure 59 : Paliers de sélection des services sur les paramètres N et L

14 services ayant un nombre d'abonnés supérieur à 120 000 ou une longueur de réseau supérieure à 4 500 km sont supprimés.

9.6. Annexe 6 : Etude des courbes cumulées : cumuls après classement croissant des proportions

Les courbes de cette partie sont tracées suivant la méthode ci-après : les services sont classés par proportions croissantes du premier matériau, les longueurs sont ensuite cumulées et divisées par la longueur totale et reportées en abscisses, les VNC sont cumulés et divisés par la longueur totale et reportés en ordonnées. Puis les services sont reclassés pour tracer la courbe du second matériau selon la même méthode.

Les courbes obtenues sur les matériaux fonte (en bleu) et PVC (en orange) sont présentées sur la Figure 60.

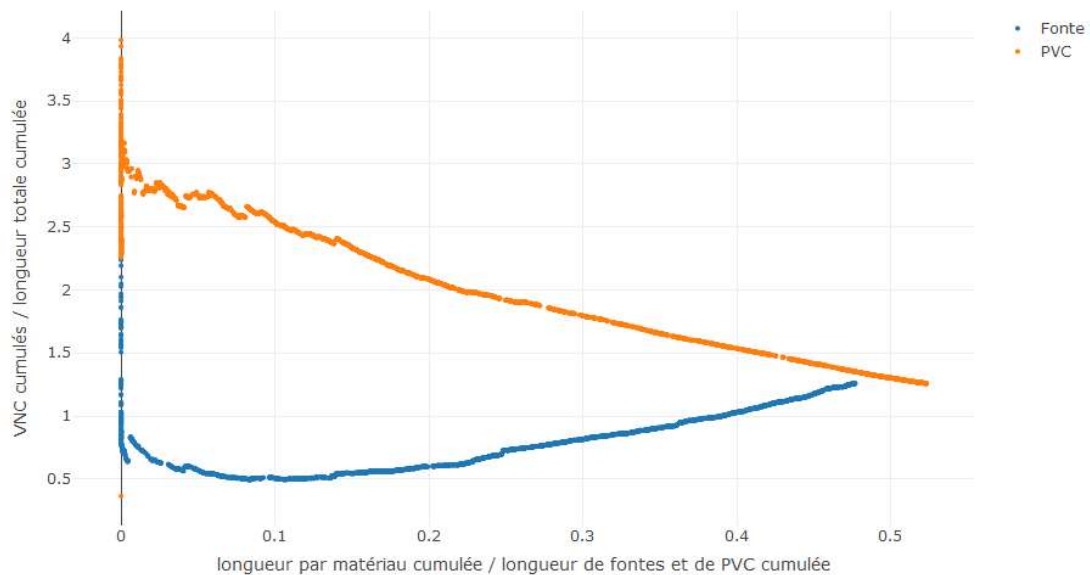


Figure 60 : Courbes cumulées (classement croissant) des matériaux fonte et PVC

Ces courbes permettent d'identifier deux tendances différentes : une droite croissante pour la fonte et une droite décroissante pour le PVC. L'objectif est de retrouver ces droites par expérimentation, en approximant un $VNC_{théorique}$ s'exprimant :

$$VNC_{théorique} = k_F \times L_{Fonte} + k_{PVC} \times L_{PVC}$$

On pose $k_F = \alpha \times k_{PVC}$.

- Si $\alpha = 1$ alors cela signifie que le matériau n'a pas d'influence sur le VNC et alors $k_F = k_{PVC} = 1,25$ (courbes violette et marron sur la Figure 61) ;
- Si $\alpha = 100$, alors $k_{PVC} = \frac{\sum VNC}{100 \times \sum L_{Fonte} + \sum L_{PVC}} = 0,03$ et $k_F = 100 \times k_{PVC} = 2,9$ (courbes rouges et vertes sur la Figure 61).

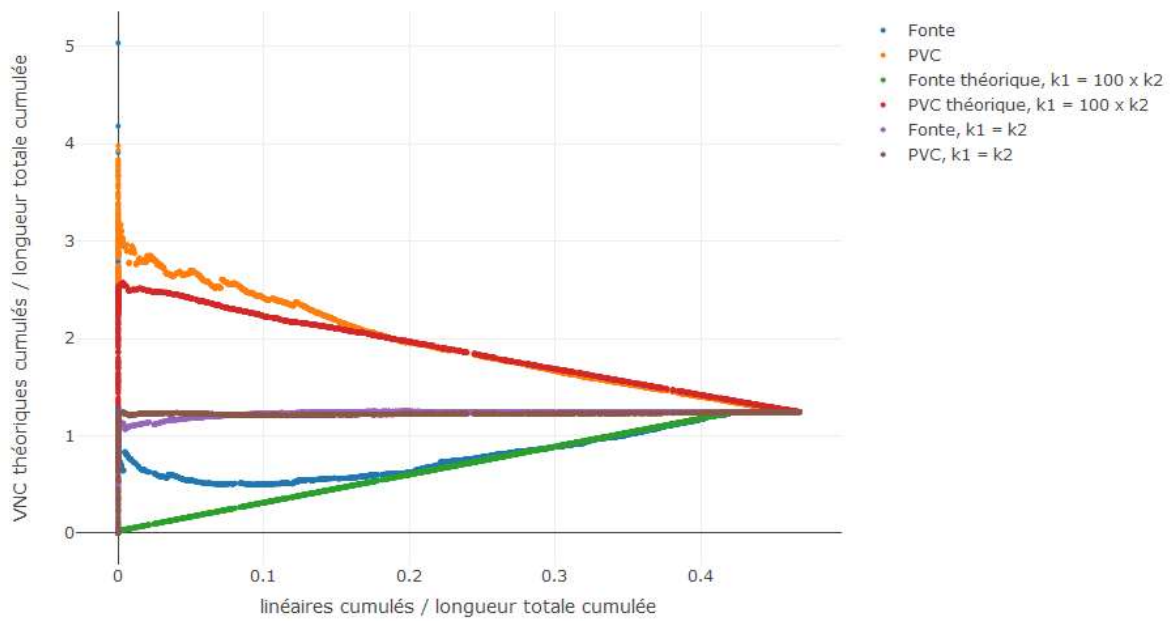
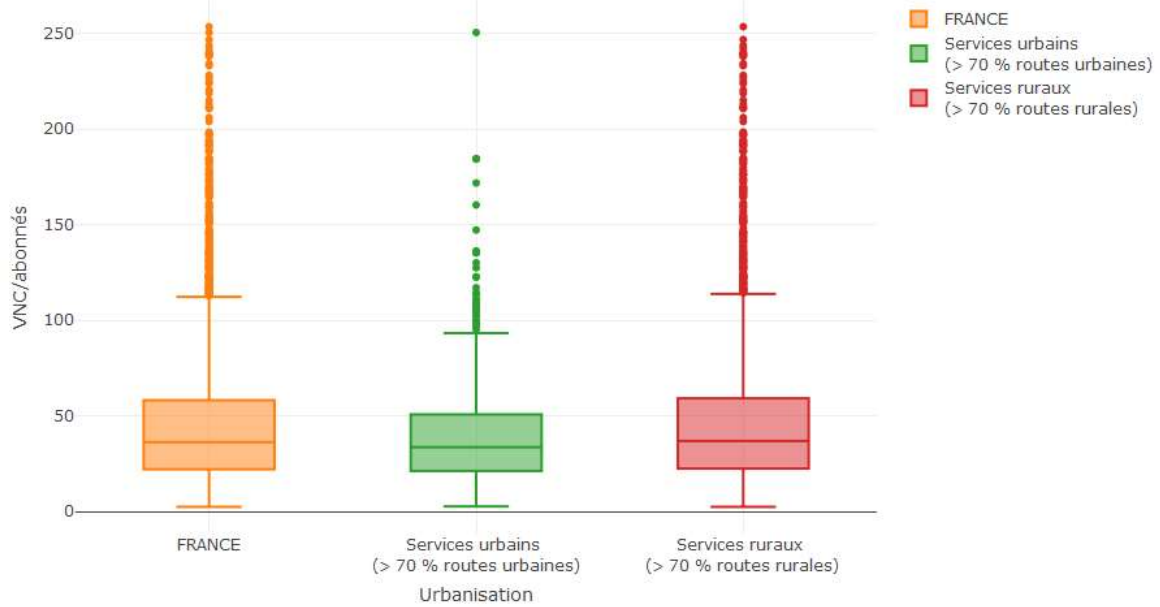


Figure 61 : Courbes cumulées (classement croissant) et expérimentation

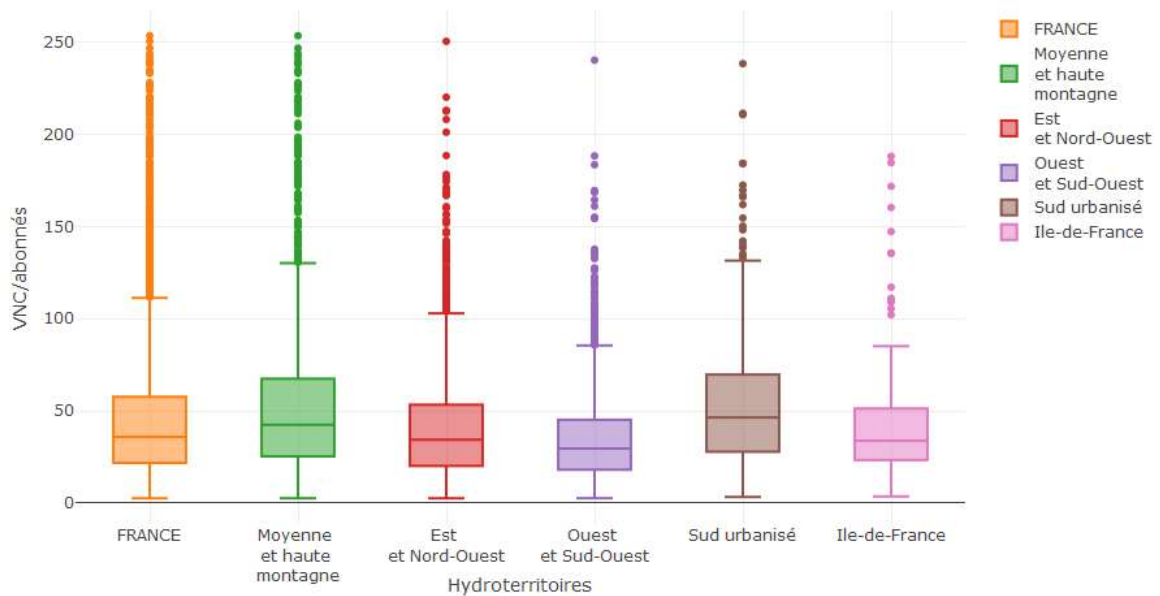
Les courbes constatées (bleu et orange) permettent d'affirmer que les matériaux PVC et fonte ont une influence sur le VNC. Le cas $k_F = 100 \times k_{PVC}$ permet de se rapprocher des données constatées, mais c'est aussi le cas de toutes les valeurs d' $\alpha > 100$, on sait donc que k_F est supérieur à k_{PVC} mais il est impossible de déterminer graphiquement un α optimal pour lequel la courbe théorique est proche de la courbe constatée.

9.7. Annexe 7 : Boîtes à moustache de la partie 3

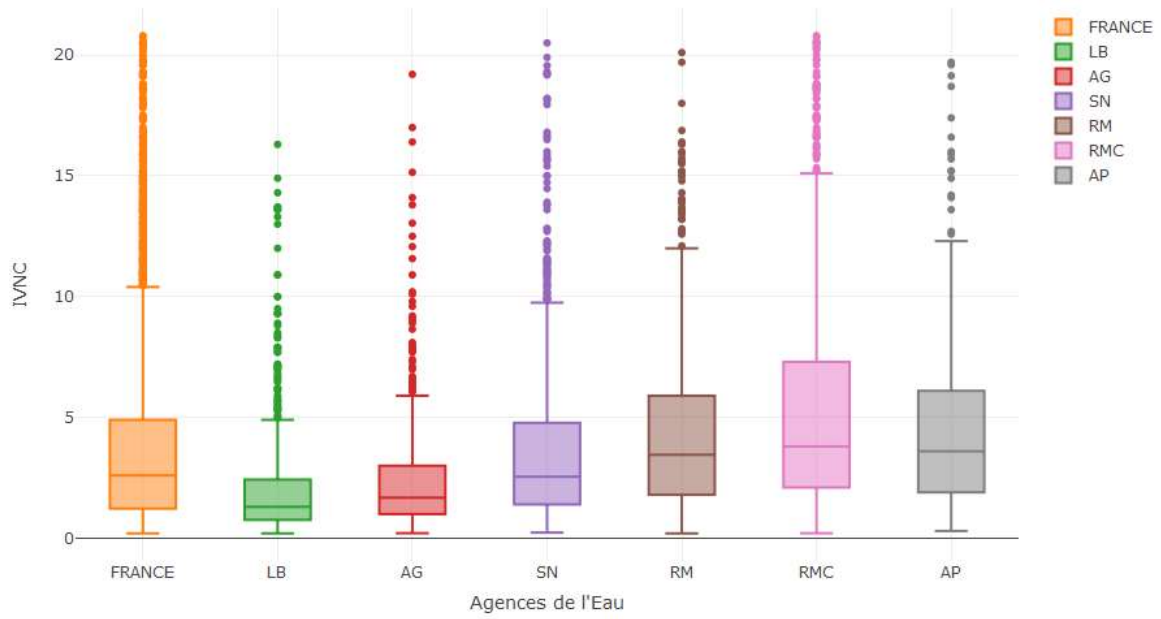
9.7.1. VNC/N selon l'urbanisation



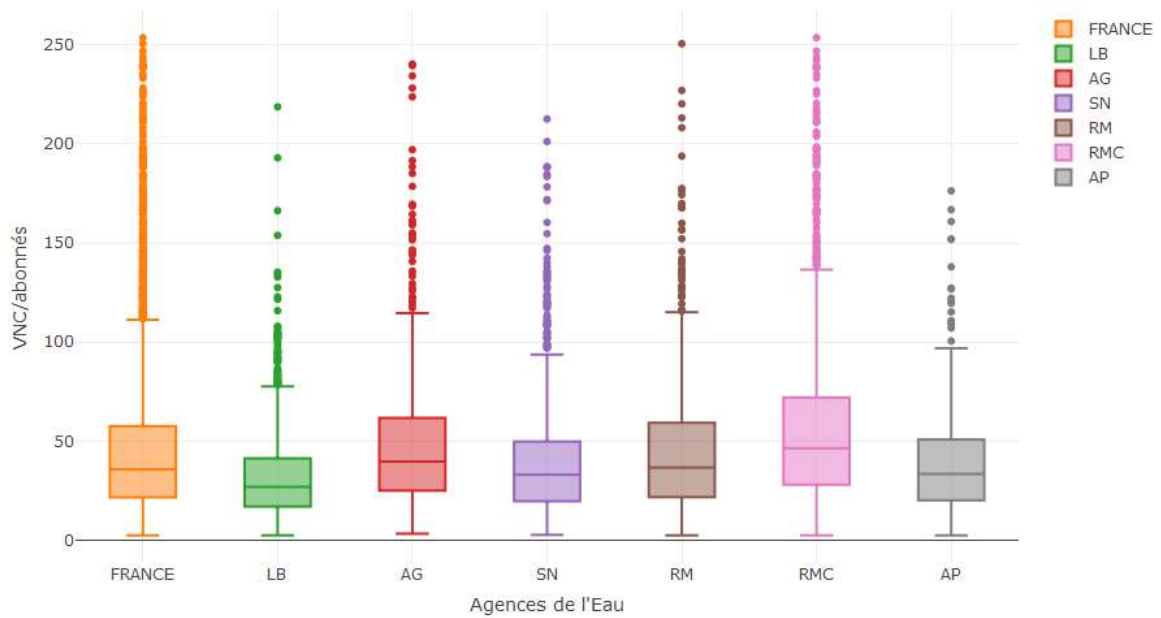
9.7.2. VNC/N selon l'hydroterritoire



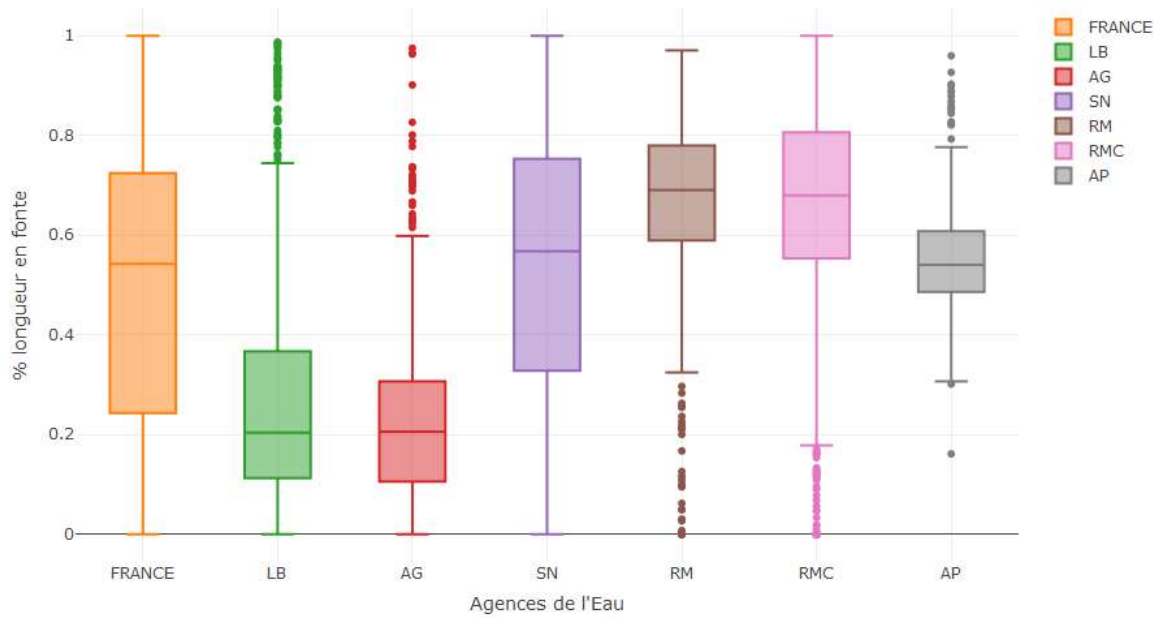
9.7.3. IVNC par agence de l'eau



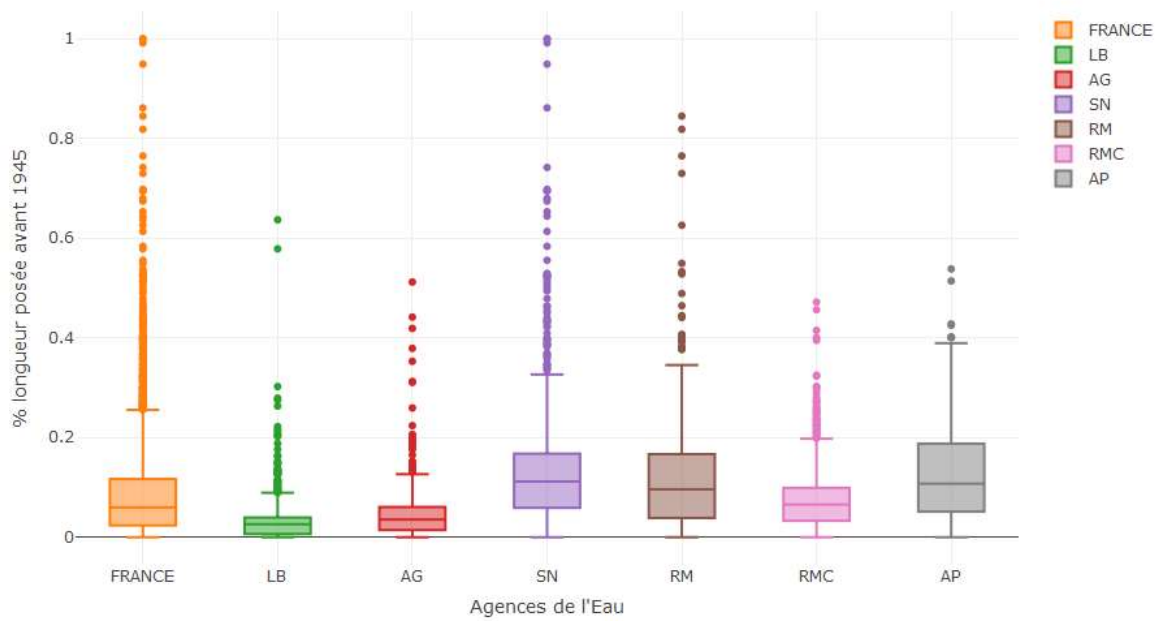
9.7.4. VNC/N par agence de l'eau



9.7.5. Proportion de longueur de fonte par agence de l'eau



9.7.6. Proportion de longueur posée avant 1945 par agence de l'eau



9.8. Annexe 8 : Modélisation du VNC et du VNC/N

9.8.1. Modélisation linéaire

9.8.1.1. Présentation des modèles

Le VNC est très corrélé au nombre d'abonnés du service et à sa longueur. Le coefficient de régression du modèle ci-dessous est de 0,77 (les longueurs sont exprimées en mètres).

$$\text{VNC} = 33,5 \times N + 0,1 \times L$$

Si la longueur est distinguée par matériau, le modèle peut être considérablement amélioré, comme présenté ci-dessous (coefficient de régression de 0,83).

$$\text{VNC} = 21,6 \times N + 0,7 \times L_{\text{FG}} + 2,0 \times L_{\text{FD}} + 0,02 \times L_{\text{PVCV}} - 0,7 \times L_{\text{PVCR}} + 0,6 \times L_{\text{autres}}$$

Le coefficient multiplicateur de la longueur de PVCV est proche de zéro, celui de la FD est positif et celui du PVCR est négatif, ce qui est cohérent avec les coefficients de corrélation. Notons que le coefficient négatif multipliant la longueur de PVCR signifie que le VNC calculé peut théoriquement être négatif, ce qui est impossible en pratique. Ce coefficient négatif permet de mieux estimer le VNC d'un point de vue statistique mais n'a aucun sens « métier ».

La longueur peut aussi être distinguée par diamètres, mais le coefficient de régression est plus faible (coefficient de régression de 0,79).

$$\text{VNC} = 25,3 \times N - 0,6 \times L_{\text{dia} < 50} + 0,6 \times L_{\text{dia} [50-125]} + 1,0 \times L_{\text{dia} > 125}$$

Le coefficient négatif sur les diamètres inférieurs à 50 mm et positif sur les diamètres supérieurs à 125 mm est cohérent avec le modèle précédent et les coefficients de corrélation.

Ces modèles sont également calés sur les données collectées seules (environ 1000 services et les services possédant plus de 80 % d'inconnus sur les matériaux ou les diamètres sont écartés) et permettent de valider les modèles précédents. Sur ces données, il est possible de distinguer les longueurs selon le matériau par diamètre. Les diamètres inférieurs à 50 ne sont pas distingués par matériaux car ils correspondent majoritairement aux PVC et de même pour les diamètres supérieurs à 125 qui correspondent majoritairement aux fontes.

$$\begin{aligned} \text{VNC} = & 20,1 \times N + 0,1 \times L_{\text{dia} \leq 5} \\ & + 0,9 \times L_{\text{FG, dia} [60-100]} + 1,4 \times L_{\text{FD, dia} [60-100]} + 1,8 \times L_{\text{FI, dia} [60-100]} \\ & - 0,7 \times L_{\text{PVCV, dia} [60-100]} - 1,3 \times L_{\text{PVCR, dia} [60-100]} - 0,2 \times L_{\text{PVCI, dia} [60-100]} \\ & + 0,9 \times L_{\text{dia} \geq 125} + 1,7 L_{\text{dia inconnu}} \end{aligned}$$

Ce modèle a un coefficient de régression de 0,81. Il est intéressant car il permet d'étudier le matériau sans influence du diamètre mais il s'appuie sur un échantillon restreint (1152 services).

9.8.1.2. Observations sur les modèles

Dans cette partie les illustrations correspondent au modèle ci-dessous, présenté dans la partie précédente :

$$\text{VNC} = 21,6 \times N + 0,7 \times L_{\text{FG}} + 2,0 \times L_{\text{FD}} + 0,02 \times L_{\text{PVCV}} - 0,7 \times L_{\text{PVCR}} + 0,6 \times L_{\text{autres}}$$

Pour caler les modèles, on utilise les outils suivants :

- **Le graphique des résidus ($\text{VNC}_{\text{observé}} - \text{VNC}_{\text{prédit}}$) en fonction des $\text{VNC}_{\text{observé}}$:**

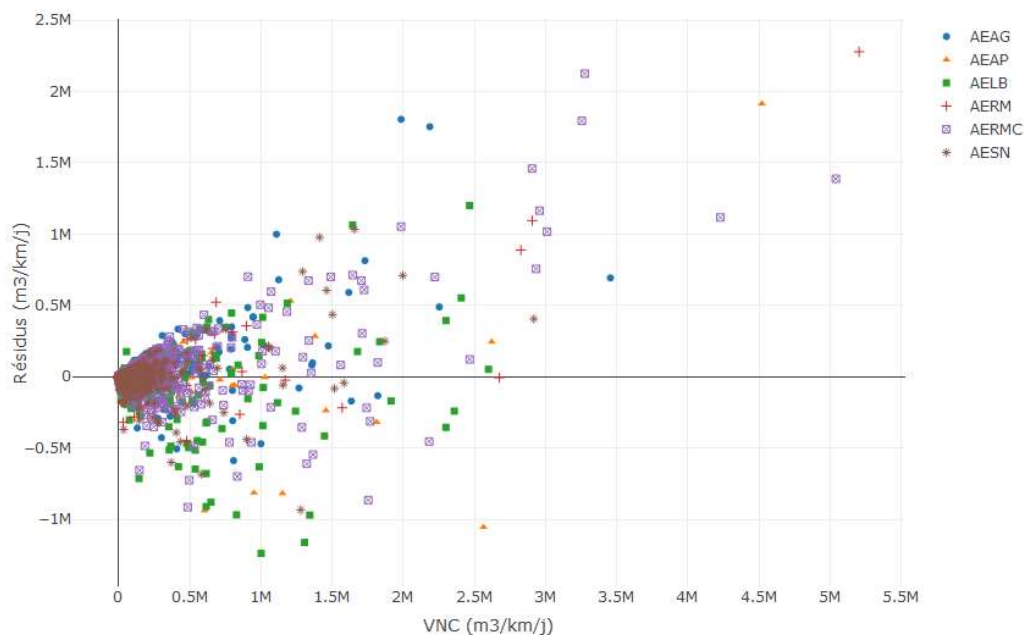


Figure 62 : Résidus en fonction des VNC observés

Les points sont distingués selon les agences. La Figure 62 montre que plus les VNC sont grands, plus les résidus sont grands. La variance des résidus dépend donc de la variable modélisée, ce qui n'est pas pris en compte dans le modèle linéaire (on parle d'hypothèse d'homoscédasticité dans le cas d'un modèle linéaire, qui n'est pas respectée ici). On ne peut pas modifier la variance des résidus : plus le VNC modélisé est grand, plus l'erreur est grande, mais on peut introduire un terme dans le modèle qui prend en compte la variance des résidus.

– **Les résidus relatifs** $\left(\frac{VNC_{\text{observé}} - VNC_{\text{prédit}}}{VNC_{\text{observé}}} \right)$:

Un résidu relatif égal à 0 signifie que le VNC prédit est égal au VNC observé et un résidu relatif égal à 1 signifie que l'erreur est de 100 %.

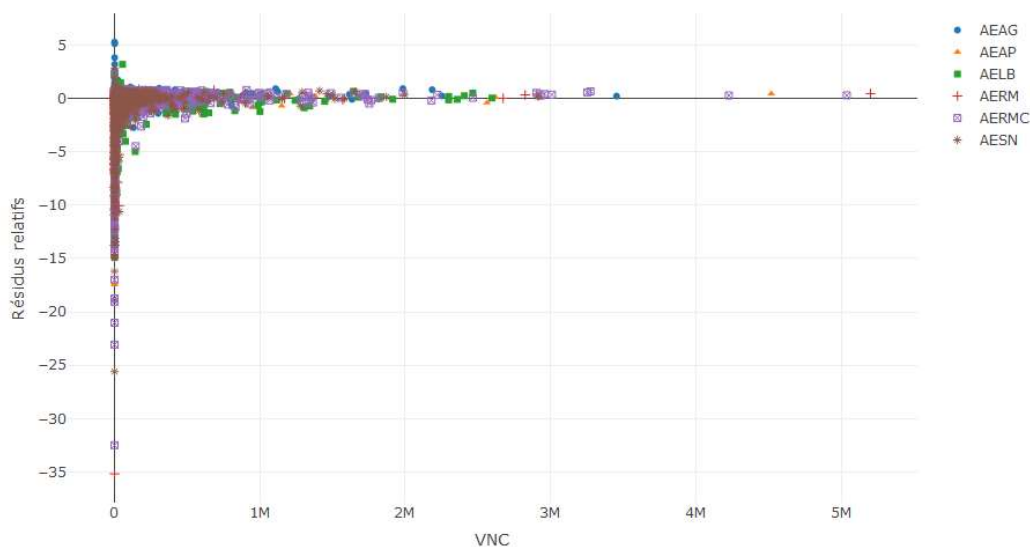


Figure 63 : Résidus relatifs en fonction du VNC observé

L'étude des résidus relatifs nous apprend que 50 % des valeurs prédites ont un résidu relatif entre – 0,5 et 0,5, soit une erreur inférieure à 50 %, et 25 % des valeurs prédites ont une erreur de plus de 100 %

(résidu relatif inférieur à -1 ou supérieur à 1). Ces valeurs peuvent être améliorées. De plus, cette représentation permet de détecter des comportements différents selon les agences lorsqu'il y en a.

– **Les valeurs prédites en fonction des valeurs observées :**

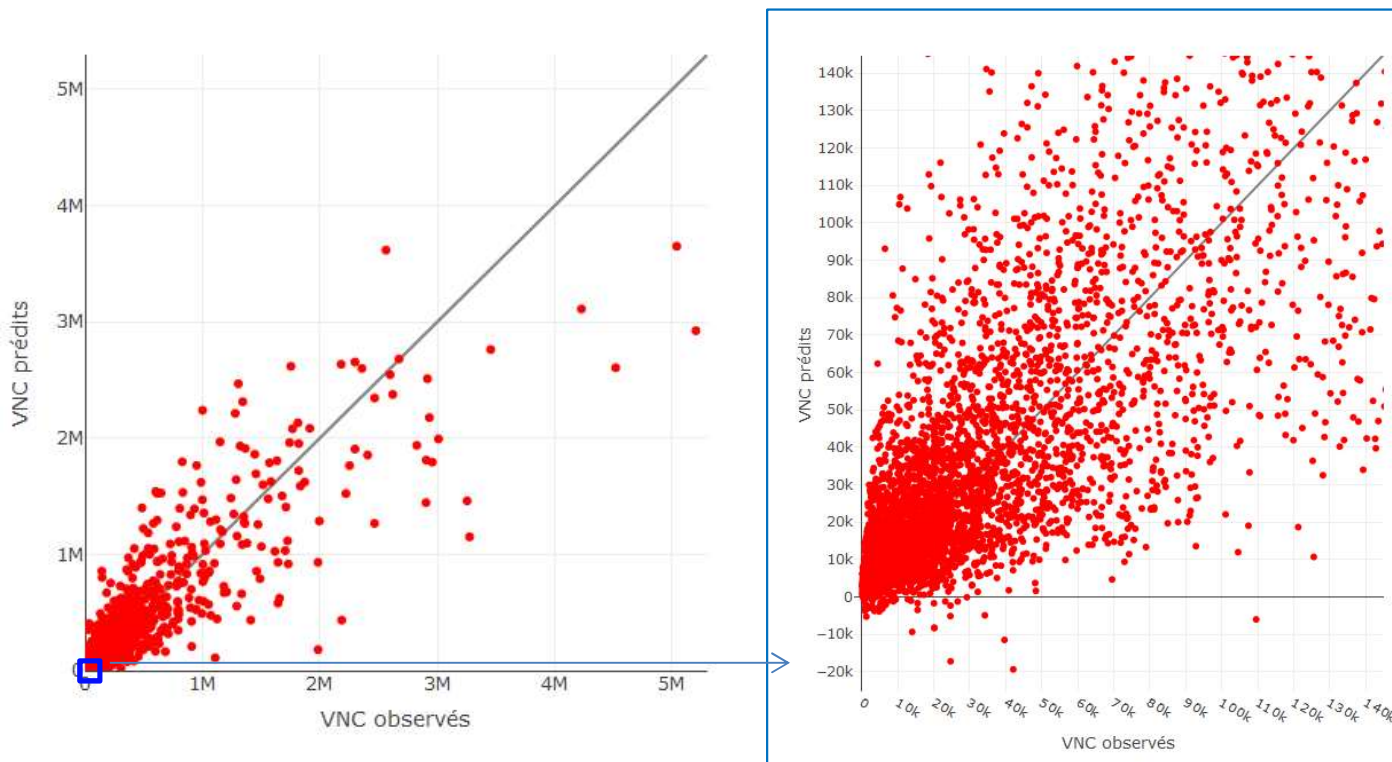


Figure 64 : VNC prédits en fonction des VNC observés

La Figure 64 permet d'observer que certains VNC prédits sont négatifs, ce qui ne peut pas représenter la réalité. De plus, les prédictions ne sont pas très précises et le modèle peut être amélioré.

9.8.1.3. Validation croisée par Monte-Carlo

Principe de la méthode de validation croisée

Pour vérifier la robustesse des modèles, la méthode utilisée est celle de Monte-Carlo qui permet d'évaluer la stabilité de l'estimation à partir d'un nombre important de tirages aléatoires.

A partir de la base initiale, une succession de tirages aléatoires est effectuée. A chaque tirage, la base est partagée en deux échantillons, un échantillon d'« apprentissage » et un échantillon « test ». Le modèle est calé sur l'échantillon d'apprentissage puis testé sur l'échantillon test. L'écart relatif entre le volume connu et le volume prédit est ensuite calculé, à l'échelle nationale et à des sous-échelles (agences de l'eau et quartiles selon la longueur de réseau). Les étapes de la procédure sont décrites ci-dessous :

- Tirage aléatoire d'un échantillon d'apprentissage (80 % de la base de données sur laquelle a été calé le modèle) ;
- Calage du modèle sur l'échantillon d'apprentissage puis extrapolation sur les 20 % de la base restant ;
- Calcul de l'écart relatif (plus celui-ci est proche de zéro plus le modèle est pertinent) ;
- Les trois premières étapes sont répétées 2000 fois.

La figure ci-dessous schématise ces étapes :

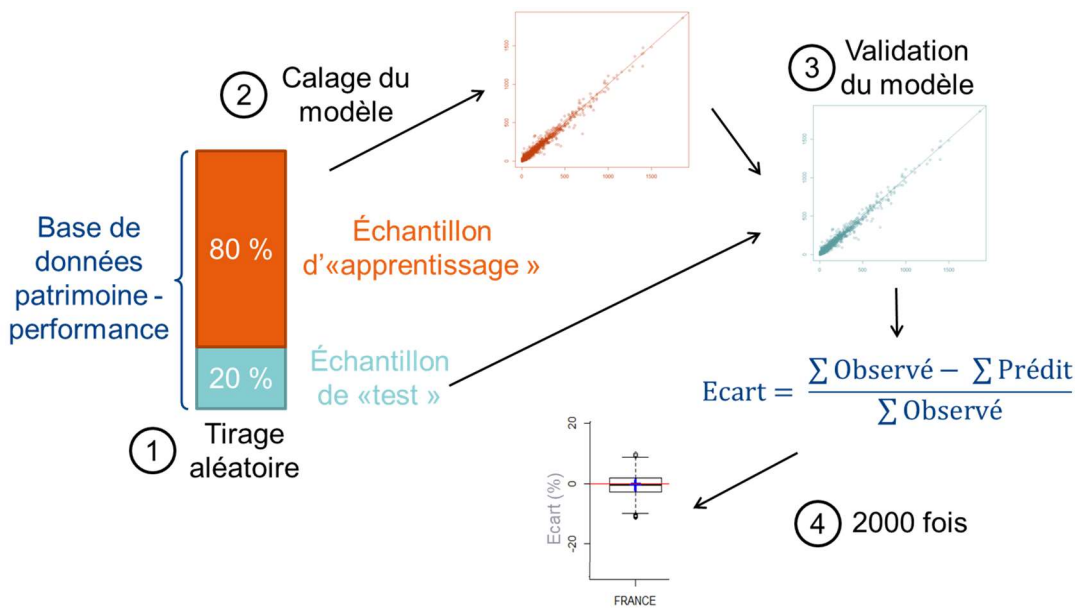


Figure 65 : Schématisation de la validation croisée par la méthode de Monte-Carlo

Les résultats sont synthétisés au sein de boîtes à moustache, à l'échelle nationale, par agences et par hydroterritoires.

Résultats

La Figure 66 présente les résultats de la validation croisée pour le modèle de la partie précédente, à gauche selon les agences et à droite selon les hydroterritoires. Les croix bleues correspondent à la moyenne.

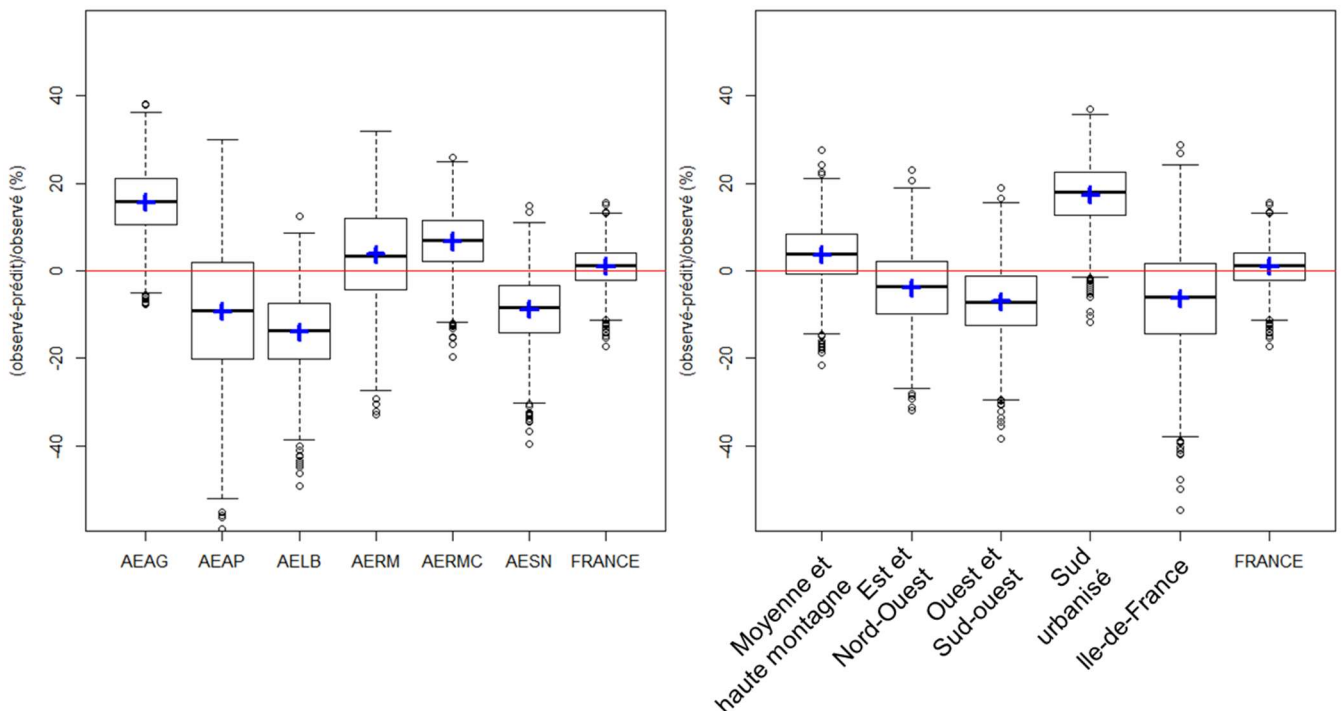


Figure 66 : Validation croisée par la méthode Monte-Carlo du modèle linéaire

Le test indique qu'à l'échelle nationale, les VNC sont estimés de manière suffisamment précise mais à l'échelle des agences, certaines sont systématiquement surestimées (Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Seine-Normandie) et d'autres sont sous-estimées (Adour-Garonne, Rhône-Méditerranée-Corse). L'apport d'éléments de contexte au modèle devrait permettre de l'affiner.

9.8.2. Modélisation exponentielle

9.8.2.1. Modèle exponentiel utilisant les longueurs par matériaux

Le premier modèle exponentiel correspond au modèle linéaire présenté précédemment auquel on multiplie un terme exponentiel permettant d'introduire les paramètres de contexte.

$$\text{VNC} = (81,3 \times N + 5,8 \times L_{FG} + 8,2 \times L_{FD} + 2,5 \times L_{PVCV} + 1,7 \times L_{PVCR} + 7,3 \times L_{\text{autres}}) \times e^{\left(\begin{array}{l} -2,5 \times \text{AELB} - 2,2 \times \text{AEAG} - 2,3 \times \text{AE}(\text{AP-SN}) - 2,0 \times \text{AERM} - 2,0 \times \text{AERMC} \\ + 0,9 \times \frac{\text{Routesurbaines}}{\text{Routes}} + 0,2 \times \text{Dénivelé}_{[0,1]} \end{array} \right)}$$

Les termes de contexte introduits qui rendent le modèle plus proche de la réalité sont :

- Les agences de l'eau avec un regroupement des agences Artois-Picardie et Seine-Normandie, permettant de prendre en compte les disparités régionales ;
- La proportion de routes urbaines qui permet d'apporter une correction d'autant plus grande que le service est urbain ;
- Le dénivelé qui apporte une correction d'autant plus grande que le dénivelé est élevé.

Ce modèle présente plusieurs faiblesses :

- La validation croisée n'est pas satisfaisante : les boîtes à moustache sont centrées autour de zéro pour toutes les agences sauf l'agence Rhin-Meuse qui est très surestimée ;
- Lorsqu'on cale ce modèle sur les données collectées, le coefficient sur la fonte ductile est beaucoup plus faible que celui sur la fonte grise, les coefficients sont donc peu stables d'un échantillon à l'autre.

De plus, ce modèle introduit les paramètres de patrimoine dépendamment de leur taille, on exprime donc un deuxième modèle pour lequel les variables de patrimoine sont indépendantes de la longueur de réseau.

9.8.2.2. Modèle exponentiel utilisant les proportions par matériaux

Le deuxième modèle exponentiel utilise la très forte corrélation entre le volume et le nombre d'abonnés, qui est ensuite modulé par les paramètres de patrimoine (proportions de matériaux FG, FD, PVCV et PVCR) et de contexte insérés dans l'exponentielle.

$$\text{VNC} = 38,7 \times N \times e^{\left(\begin{array}{l} -0,2 \times \frac{L_{FG}}{L_{\text{tot}}} - 0,05 \times \frac{L_{FD}}{L_{\text{tot}}} + 0,5 \times \frac{L_{PVCV}}{L_{\text{tot}}} - 1,3 \times \frac{L_{PVCR}}{L_{\text{tot}}} \\ -1,0 \times \text{AELB} + ,3 \times \text{AEAG} + ,2 \times \text{AE}(\text{AP-}) + 0,6 \times \text{AERM} + ,4 \times \text{AERMC} \\ -0,2 \times \frac{\text{Routesurbaines}}{\text{Routes}} + 0,2 \times \text{Dénivelé}_{[0,1]} \end{array} \right)}$$

Les termes de contexte introduits sont les mêmes que dans le modèle précédent. On remarque deux différences notables avec le modèle précédent :

- Le coefficient sur le PVCV est positif alors que les coefficients sur les autres matériaux sont négatifs ;
- Le coefficient sur le terme traduisant la proportion d'urbain est négatif alors qu'il était positif dans le modèle précédent. L'effet de l'urbanisation sur le VNC se traduit différemment s'il est appliqué aux abonnés ou aux longueurs par matériau.

Ce modèle présente plusieurs faiblesses :

- La validation croisée n'est toujours pas satisfaisante : l'agence Rhin-Meuse est surestimée et l'agence Rhône-Méditerranée-Corse est sous-estimée, les plus petits services (premier quartile) sont très surestimés ;
- Les éléments de contexte « proportion d'urbain » et « dénivelé » n'ont qu'un très faible effet sur le modèle. Plusieurs « bons » modèles utilisant des paramètres de contexte différents sortent du lot mais aucun ne satisfait la condition de boîtes centrées autour de zéro pour toutes les agences après la validation croisée.

Les modèles exponentiels étant plus difficiles à caler que les modèles linéaires, le modèle linéaire présenté dans la partie suivante a été d'avantage développé que les modèles exponentiels.

9.8.3. Modélisation avec modulation sur le nombre d'abonnés

Pour ce modèle, six nouvelles classes de territoires sont créées à partir des hydroterritoires et des agences. Ces six classes sont représentées sur la Figure 67.

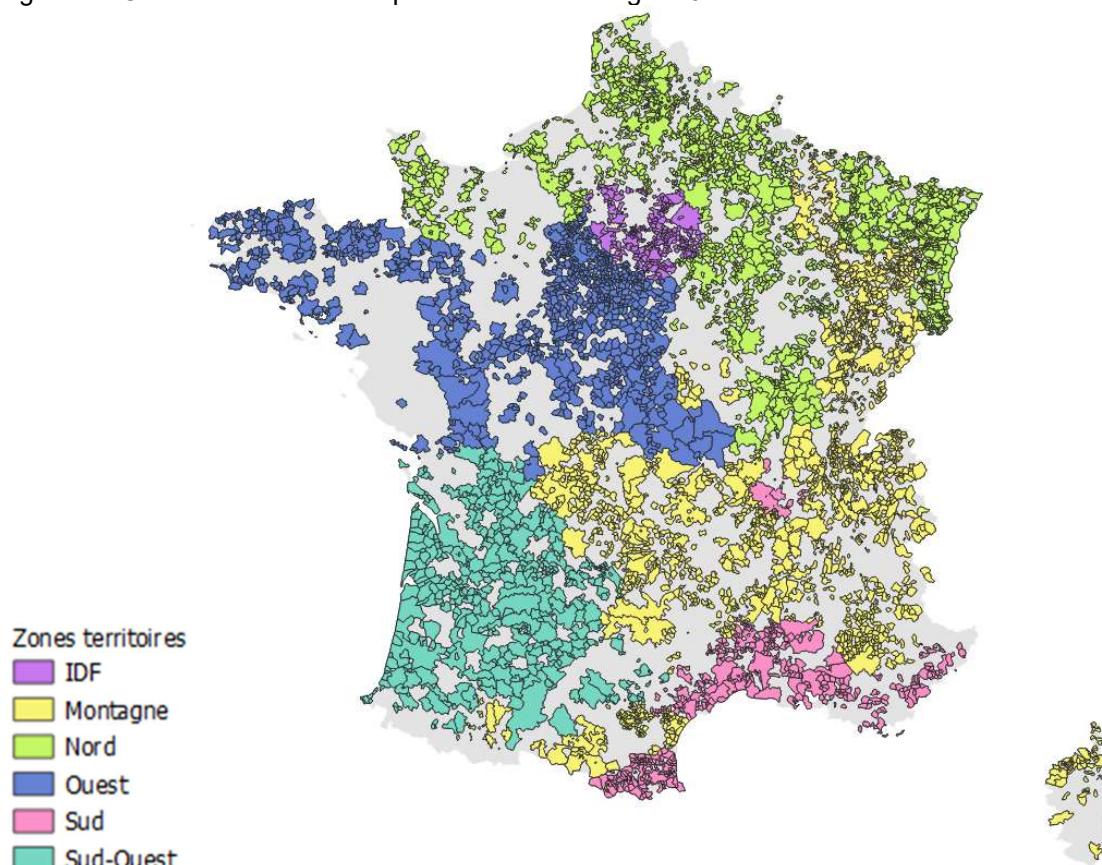


Figure 67 : Cartographie des six classes de territoires créées

Le modèle linéaire le plus robuste, qui prend en compte les éléments de contexte et satisfait au mieux la validation croisée est celui-ci ($r^2 = 0.88$) :

$$\text{VNC} = \beta_{0,t} \cdot \text{taille} + \beta_1 \times N + \left[N \times \left(\beta_2 \times \frac{L_{FG}}{L} + \beta_3 \times \frac{L_{FD}}{L} + \beta_4 \times \frac{L_{PVCV}}{L} + \beta_5 \times \frac{L_{PVCR}}{L} + \beta_6 \times \frac{L_{\text{dia}[60-100]}}{L} + \beta_7 \times \frac{L_{\text{dia}[\geq 125]}}{L} + \beta_8 \times \frac{\text{Routes}_{\text{urbaines}}}{\text{Routes}} + \beta_9 \times \text{Dénivelé}_{[0;1]} \right) \right] : \text{territoire}$$

Le VNC est égal à une constante $\beta_{0,t}$ qui dépend des 4 classes de longueur de réseau (de 4,5 à 10 km : $\beta_{0,1} = 744,7$; de 10 à 25 km : $\beta_{0,2} = 4791,1$; de 25 à 65 km : $\beta_{0,3} = 8773,1$; de 65 à 4200 km : $\beta_{0,4} = 29\,521,2$) à laquelle on ajoute le nombre d'abonnés (N) multiplié par la constante $\beta_1 = 12,9$, auxquels on ajoute le nombre d'abonnés modulé par les paramètres de patrimoine et de contexte, pour lesquels on attribue un coefficient par territoire.

Les paramètres de patrimoine sont :

- Les proportions de matériaux (FG, FD, PVCV, PVCR) ;
- Les proportions de diamètres (diamètres entre 50 et 125 mm et diamètres supérieurs à 125 mm).

Les paramètres de contexte sont :

- La proportion d'urbain ;
- Le dénivelé.

Chaque coefficient (β_2 à β_9) est multiplié au terme de contexte et au nombre d'abonnés, et estimé pour chaque agence. Les coefficients sont reportés dans les Tableau 17 et Tableau 18.

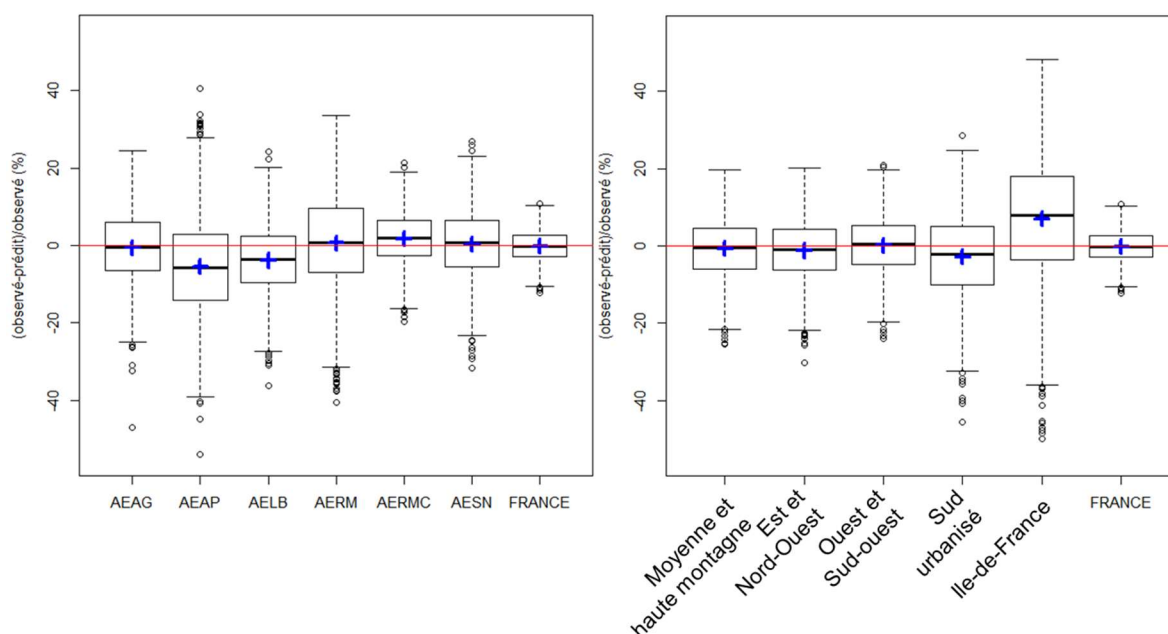
Tableau 17 : Coefficients du modèle linéaire sur les variables de patrimoine

	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7
	$\frac{L_{FG}}{L}$	$\frac{L_{FD}}{L}$	$\frac{L_{PVCV}}{L}$	$\frac{L_{PVC R}}{L}$	$\frac{L_{dia[60-100]}}{L}$	$\frac{L_{dia[\geq 125]}}{L}$
IDF	128.5	79.8	46.8	-81.9	-90.2	-31.0
Montagne	5.5	6.2	-22.3	40.4	66.6	-20.0
Nord	-6.1	-38.8	-4.7	-127.0	27.4	53.6
Ouest	14.2	-14.4	-0.8	-31.7	6.9	50.9
Sud	54.3	-32.6	94.2	-143.7	22.0	112.0
Sud-Ouest	45.0	91.6	73.8	10.3	-41.1	-86.5

Tableau 18 : Coefficients du modèle linéaire sur les variables de contexte

	β_8	β_9
	$\frac{\text{Routes}_{\text{urbaines}}}{\text{Routes}}$	Dénivelé $_{[0,1]}$
IDF	-6.6	198.0
Montagne	-8.9	33.7
Nord	12.3	132.4
Ouest	-17.3	93.4
Sud	-14.3	-17.7
Sud-Ouest	17.6	73.8

Les coefficients varient beaucoup d'une agence à l'autre, ne permettant pas de conclure sur une tendance globale pour un matériau ou une classe de diamètre. Les coefficients négatifs entraînent des prédictions de VNC négatifs, ce qui ne reflète pas la réalité. La validation par la méthode Monte-Carlo montre qu'il n'y a pas de surestimation ou sous-estimation pour une agence entière et que les services d'Ile-de-France sont légèrement sous-estimés. Les graphiques sont présentés ci-dessous.



Le modèle de la partie 9.8.4 permet de ne prédire que des VNC positifs.

9.8.4. Modélisation du VNC/N

Le modèle exponentiel de la partie 9.8.2.2 est rappelé ci-dessous :

$$VNC = 38,7 \times N \times e^{\left(\underbrace{\begin{matrix} -0,2 \times \frac{L_{FG}}{L_{tot}} - 0,05 \times \frac{L_{FD}}{L_{tot}} + 0,5 \times \frac{L_{PVCV}}{L_{tot}} - 1,3 \times \frac{L_{PVCR}}{L_{tot}} \\ -1,0 \times AELB + 0,3 \times AEAG + 0,2 \times AE(AP-SN) + 0,6 \times AERM + 0,4 \times AERMC \\ -0,2 \times \frac{Routes_{urbaines}}{Routes} + 0,2 \times Dénivelé_{[0,1]} \end{matrix}}_{= \varphi} \right)}$$

Ce modèle à l'avantage de pouvoir s'écrire sous la forme linéaire :

$$\ln\left(\frac{VNC}{N}\right) = \beta_0 + \varphi$$

Le modèle linéaire est calé pour prédire au mieux le paramètre « $\ln(VNC/N)$ », trois nouvelles classes de zones géographiques sont créées à partir des 5 classes d'hydroterritoires et des 6 agences, afin de prendre au mieux en compte les divergences selon les territoires et la tailles des services. Ce sont donc 6 classes qui sont créées correspondant aux 3 zones géographiques dans lesquelles on distingue les services de moins de 10 km de ceux de plus de 10 km. Les 3 classes géographiques sont représentées sur la Figure 68.

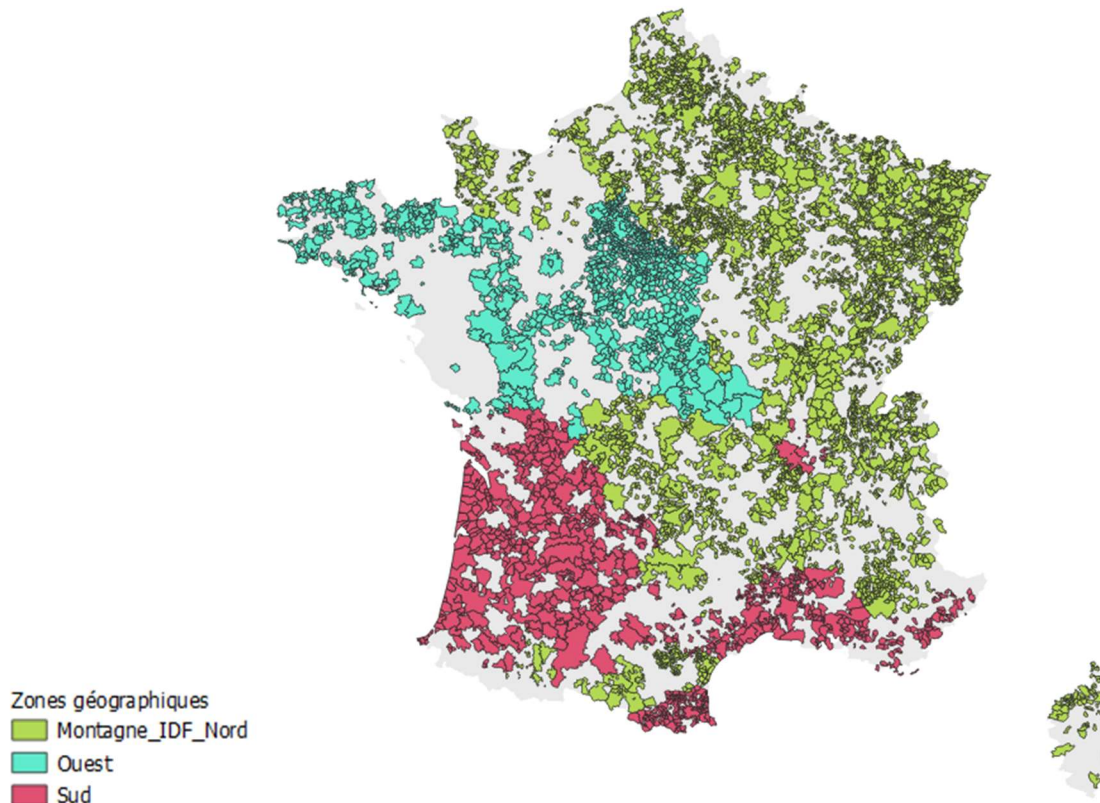


Figure 68 : Cartographie des trois classes de zones géographiques

Ce modèle prend aussi en compte les proportions des longueurs par diamètres et s'écrit comme ci-dessous :

$$\ln\left(\frac{VNC}{N}\right) = \beta_{0,i[1;6]}: (\text{territoire et taille}) + 0,37 \times \frac{L_{FD}}{L} - 0,34 \times \frac{L_{PVCR}}{L} - 0,17 \times \frac{L_{dia[\geq 125]}}{L}$$

$$-0.17 \times \frac{\text{Routes}_{\text{urbaines}}}{\text{Routes}} + 1.25 \times \text{Dénivelé}_{[0;1]}$$

Le coefficient de régression de ce modèle est de 0,96 et les valeurs des coefficients $\beta_{0,i[1;6]}$ qui dépendent de la classe du service sont reportées dans le Tableau 19.

Tableau 19 : Coefficients $\beta_{0,i}$ du modèle de prédictions de $\ln(\text{VNC}/N)$

Classe (géographie et taille)		$\beta_{0,i}$
1	Nord, Ile-de-France et montagne, L < 10 km	3,30
2	Nord, Ile-de-France et montagne, L > 10 km	3,52
3	Ouest, L < 10 km	3,06
4	Ouest, L > 10 km	3,31
5	Sud, L < 10 km	3,35
6	Sud, L > 10 km	3,71

Bien que le coefficient de régression de ce modèle soit très élevé, les prédictions ne sont pas satisfaisantes, comme le montre la distribution des $\ln(\text{VNC}/N)$ prédits en fonction des $\ln(\text{VNC}/N)$ observés (Figure 69, graphique de gauche). Bien que les $\ln(\text{VNC}/N)$ observés varient entre 1 et 5,5, les prédictions sont pour la grande majorité comprises entre 2,8 et 4,2. Cependant, si l'on calcule les VNC prédits selon la formule $\text{VNC}_{\text{prédits}} = \exp\left(\ln\left(\frac{\text{VNC}}{N}\right)_{\text{prédits}} \times N\right)$, alors la prédiction des VNC paraît autant satisfaisante que celle obtenue avec les modèles de la partie 9.8.1 (Figure 69, graphique de droite).

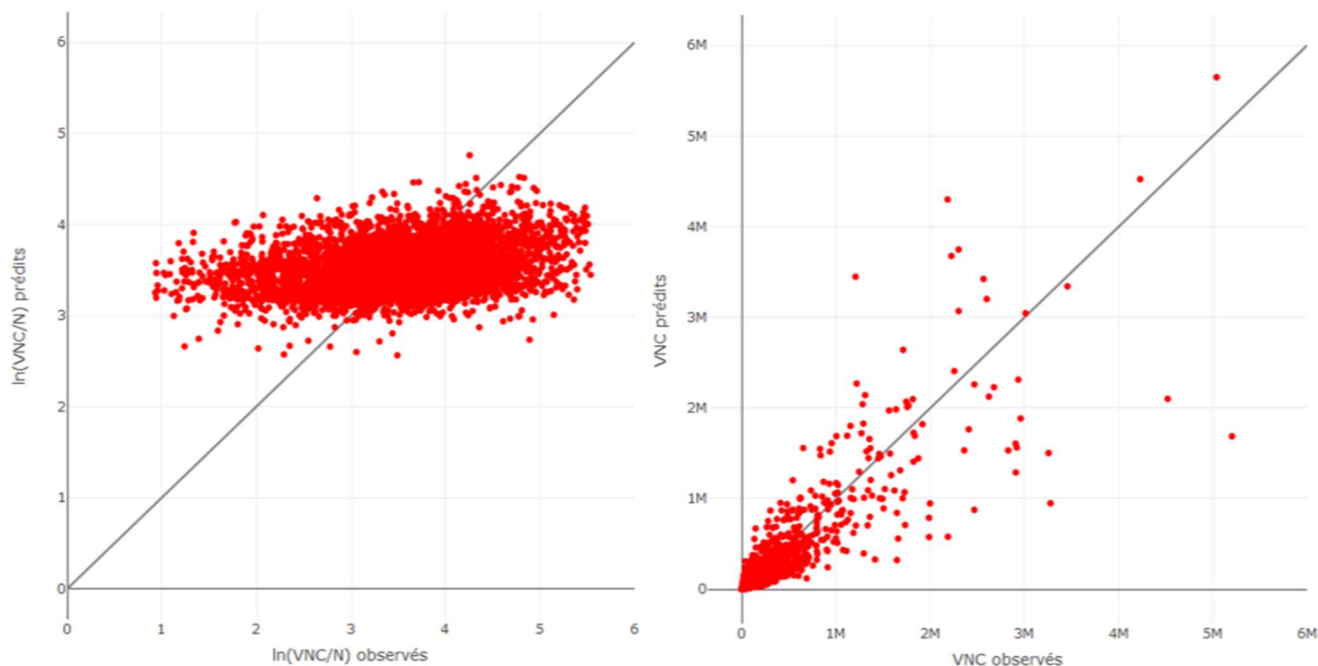


Figure 69 : Prédictions en fonction des observations des $\ln(\text{VNC}/N)$ à gauche et des VNC/N à droite

Cela confirme que le nombre d'abonnés explique en très grande partie le VNC et, bien que les paramètres de patrimoine et de contexte permettent de préciser le modèle, leur contribution est tellement faible qu'elle est difficilement identifiable.

9.9. Annexe 9 : Traitement des données de compteur brutes

9.9.1. Nombre de données

Seuls les secteurs qui ont 1 ou 2 compteurs sont retenus afin d'éviter de cumuler les incertitudes. Sur les 153 secteurs, 88 secteurs ont 1 ou 2 compteurs et 69 secteurs ont des données brutes et 44 ont des données brutes effectivement exploitables (débits cohérents sur une période de plusieurs mois). La période d'étude varie entre 6 mois et 4 ans. L'histogramme ci-dessous représente les durées des enregistrements en fonction du nombre de secteurs, en mois :

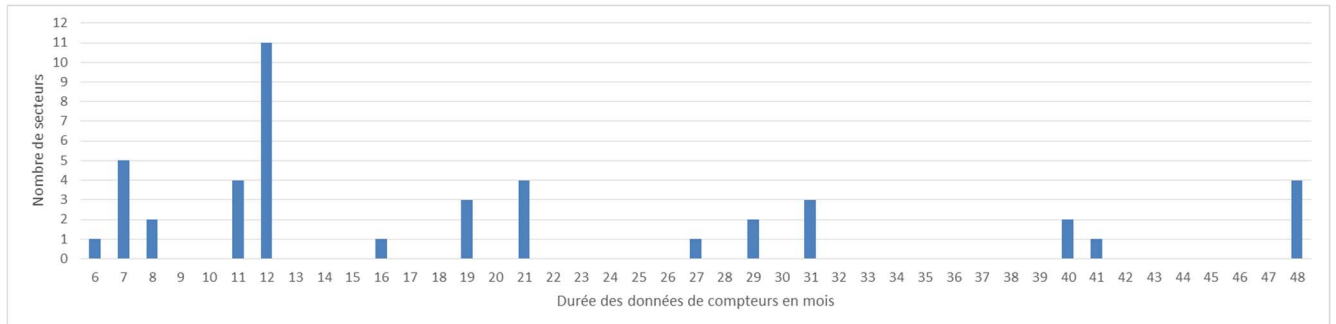


Figure 70 : Durée des données de compteurs brutes

9.9.2. Gestion des changements d'heure

Les changements d'heure sont gérés différemment selon les compteurs et parfois différemment selon les années pour un même compteur. Le débit de nuit étant calculé entre 2 et 5 heures, l'incertitude les jours de changements d'heure est trop grande. Afin d'éviter toute erreur, tous les index des jours de changement d'heure sont supprimés.

9.9.3. Test de répétition des pas de temps

Un test permet de vérifier qu'aucun pas de temps n'est répété. Lorsqu'un pas de temps est répété, plusieurs cas sont possibles :

- Les index mesurés sont les mêmes pour le pas de temps qui est répété, dans ce cas une seule valeur est conservée ;
- Un pas de temps est répété et associé à aucun index, dans ce cas ce pas de temps est supprimé.

Le cas où plusieurs index sont associés à un même pas de temps ne s'est jamais présenté.

9.9.4. Test de croissance des index

Une décroissance d'index peut être due à la réinitialisation d'un compteur, ou bien à un dysfonctionnement de celui-ci. Chaque décroissance est donc repérée et analysée (il y en a rarement en pratique et elles ne sont jamais nombreuses).

Dans le cas d'une réinitialisation, deux cas sont possibles :

- Les deux valeurs sont espacées de plus de deux heures, dans ce cas le débit ne sera pas calculé entre les deux valeurs, donc aucun ajustement n'est nécessaire (c'est le cas sur l'exemple de la Figure 71) ;
- Les deux valeurs sont espacées de moins d'une heure. Dans ce cas les valeurs de l'heure suivant la réinitialisation sont supprimées pour ne pas calculer de faux débit.

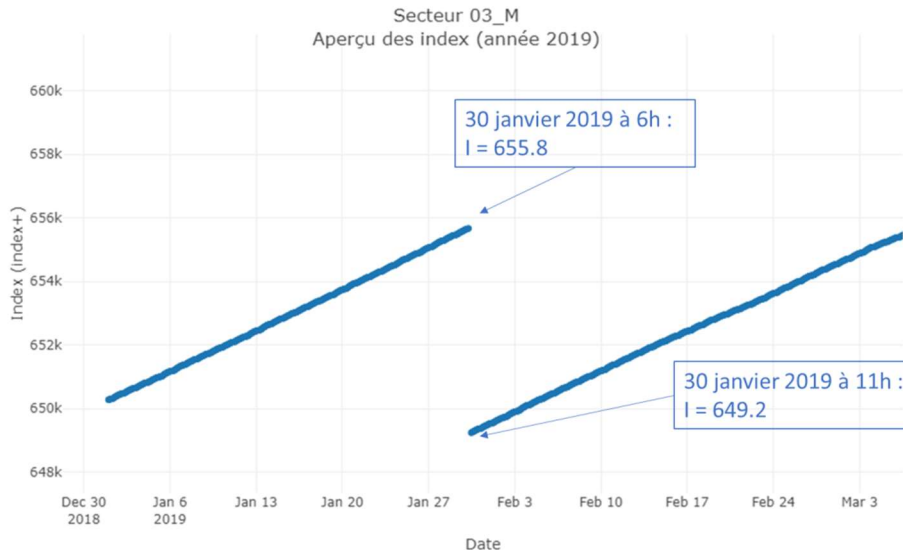


Figure 71 : Exemple de réinitialisation d'un compteur n'impliquant pas de traitement

Les décroissances permettent également de mettre en évidence des dysfonctionnements comme ceux rencontrés sur plusieurs secteurs de la collectivité 04. L'exemple de la Figure 72 illustre les exemples suivants :

- Des valeurs complètement aberrantes sont mesurées de manière ponctuelle les 29 et 30 mars 2016 et les 11 et 12 octobre 2017. Tous les index de ces 4 journées sont supprimés afin d'éviter toute erreur ;
- Les index du 12 février au 31 décembre 2018 sont constants et sont donc supprimés.

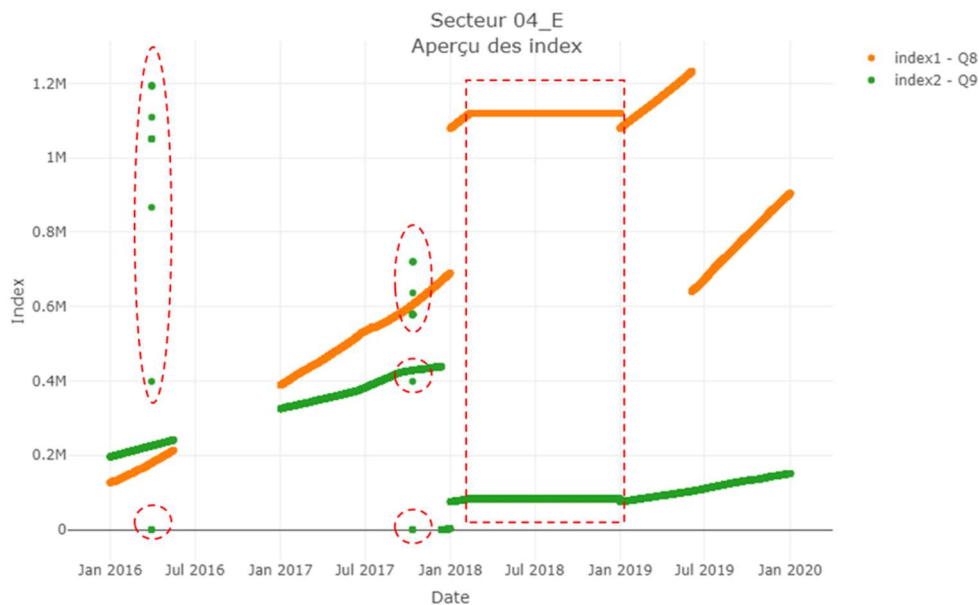


Figure 72 : Exemples de dysfonctionnement de compteurs

Les variations journalières sont de bons indices de dysfonctionnement. Les débits des secteurs respectent généralement le schéma suivant : débits élevés le matin et le soir et débits moindres la nuit. Le non-respect de ce schéma est un indice de dysfonctionnement [RENAUD, 2011].

9.9.5. Calage des pas de temps

Les index sont relevés soit toutes les heures, soit toutes les 15 minutes suivant les compteurs et les années. Il arrive que les pas de temps soient irréguliers ou que les mesures soient décalées par rapport à l'heure ou le quart d'heure pile. L'objectif est d'avoir pour tous les secteurs un fichier contenant un index à chaque heure pile pour pouvoir calculer facilement les débits horaires par différence des index. La méthode utilisée est la suivante :

- **Etape 1** : les heures piles manquantes sont ajoutées au fichier afin que toutes les heures piles soient représentées. Les pas de temps sont toujours ordonnés en ordre chronologique ;
- **Etape 2** : les index non renseignés aux heures piles sont calculés par interpolation lorsque cela est possible, c'est-à-dire lorsque la valeur précédente (prise au maximum une heure plus tôt) et la valeur suivante (prise au maximum une heure plus tard) sont renseignées, selon la formule suivante :

$$I_t = \frac{I_{t-1} + (I_{t+1} - I_{t-1}) \times (T_t - T_{t-1})}{(T_{t+1} - T_{t-1})}$$

Avec I_t l'index au temps t et T_t le temps en secondes correspondant au temps t (temps calculé depuis le 1^{er} janvier 1970 à minuit).

- **Etape 3** : les index qui ne sont pas pris à l'heure pile sont supprimés de telle sorte que le fichier final ne contient que des index pris aux heures piles.

Les étapes sont illustrées sur la Figure 73.

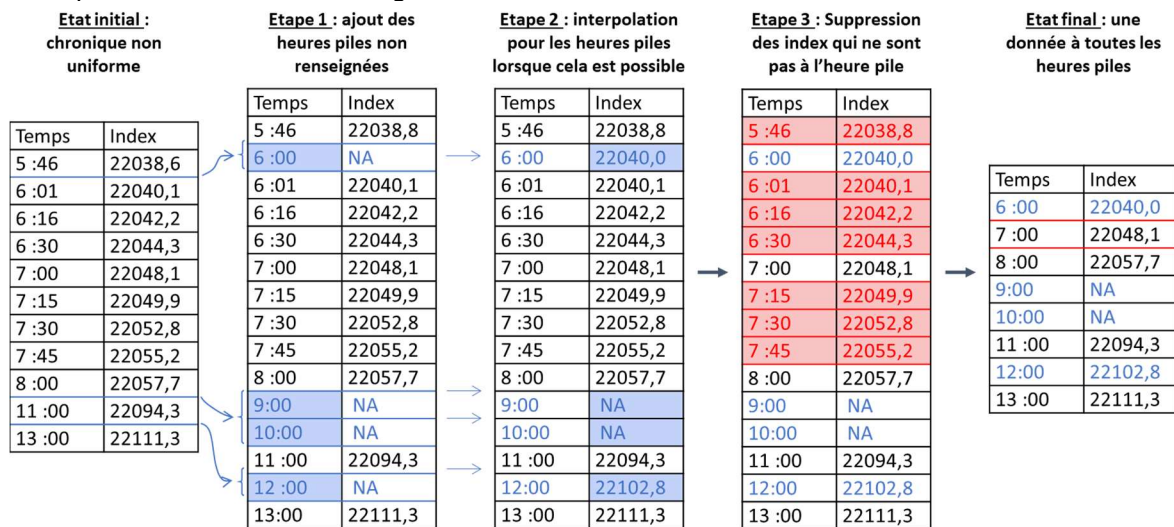


Figure 73 : Méthode de calage des pas de temps sur les heures piles

Le débit de l'heure « 00 :00 » correspond au débit à 24h du jour j et non au débit à 0h du jour $j+1$ [RENAUD, 2011].

9.9.6. Calcul des débits horaires

Les débits horaires d'un compteur sont calculés par différence des index, les index étant tous mesurés à l'heure pile, d'après la formule :

$$Qh_t(C_k) = I_t(C_k) - I_{t-1}(C_k)$$

Les débits horaires du secteur sont ensuite calculés grâce aux débits des compteurs d'après l'équation du secteur :

$$Qh_t = \sum_{k=1}^n \omega(C_k) \times Qh_t(C_k)$$

9.9.7. Tri manuel des débits

Les débits horaires du secteur font ensuite l'objet d'un tri par visionnage graphique. Les débits suivants sont supprimés :

- Débits témoignant d'un dysfonctionnement (exemple 2 sur la Figure 74) ;
- Débits anormalement élevés isolés (exemple 4 sur la Figure 75) ;
- Débits anormalement bas (exemple 3 sur la Figure 74), dans ce cas la journée entière est supprimée ;

Les débits anormalement élevés ne sont pas supprimés si l'augmentation est progressive (exemple 1 de la Figure 74) ou si l'augmentation est suivie d'une intervention (exemple 5 de la Figure 75).

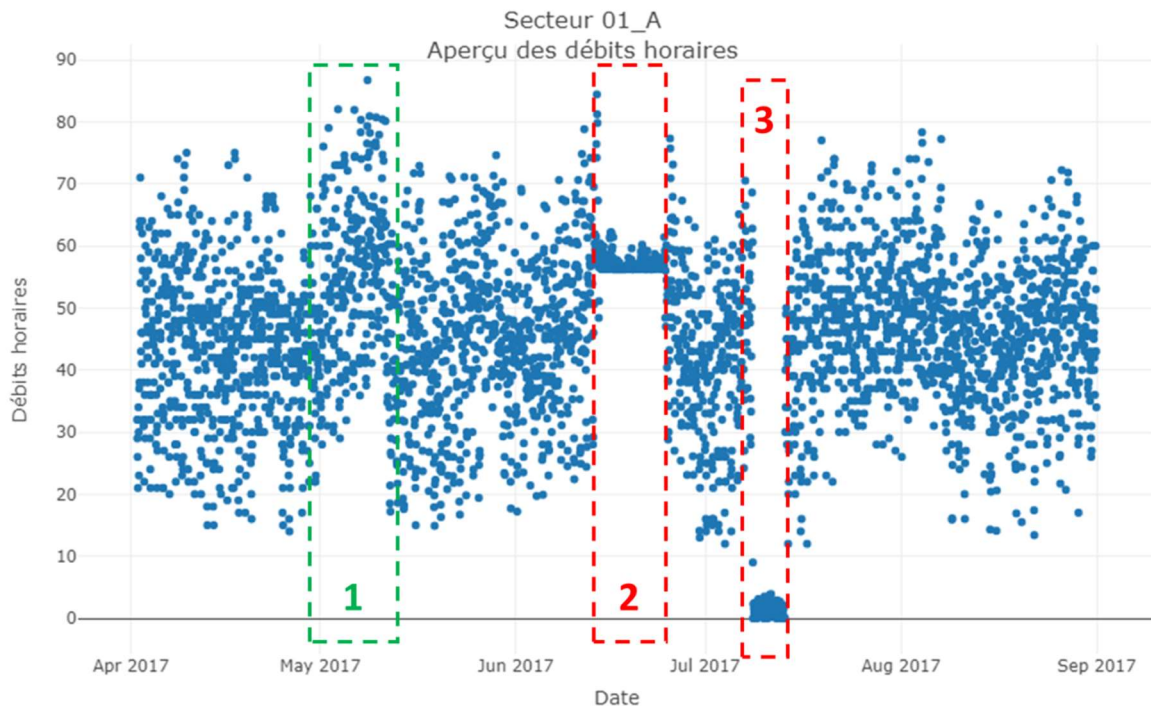


Figure 74 : Tri manuel des débits horaires

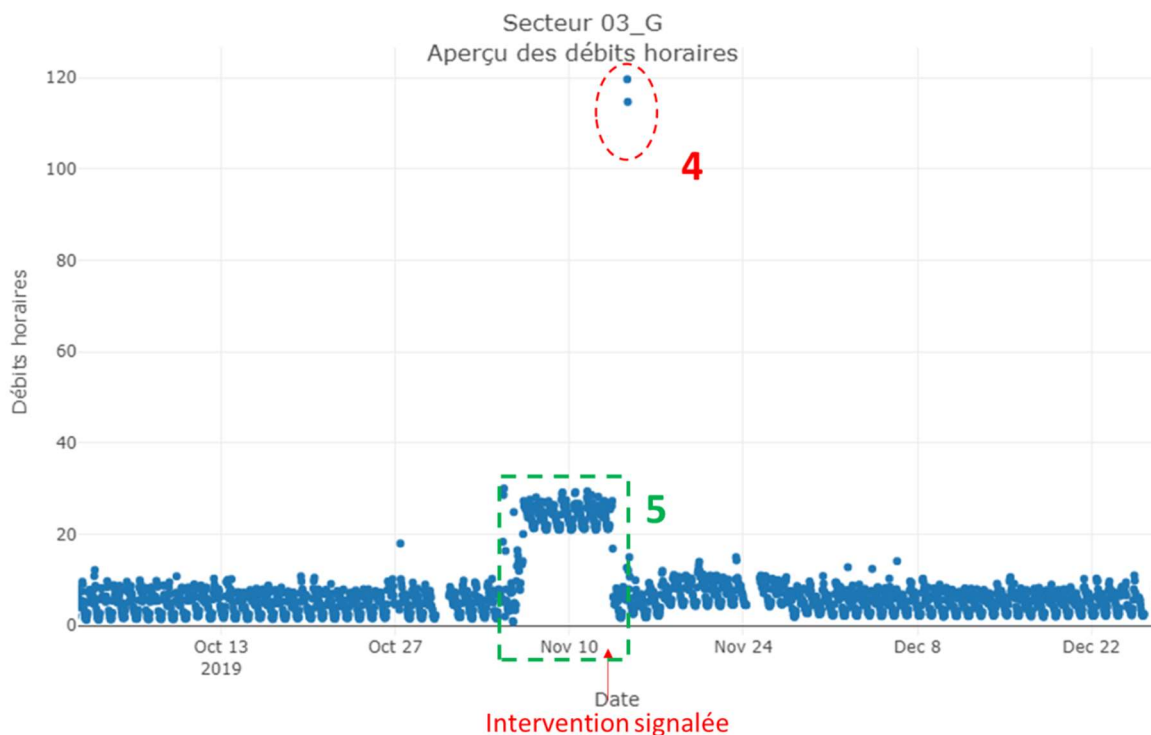


Figure 75 : Tri manuel des débits horaires : cas d'une fuite suivie d'une intervention et données très élevées

9.9.8. Calcul des débits moyens journaliers

La condition suivante doit être réalisée pour le calcul du débit journalier : au moins 12 valeurs sur les 24 de la journée doivent être renseignées. Si la condition est respectée, le débit journalier est calculé selon la formule :

$$Q_{moy_j} = \frac{\sum_{t=1}^{24} Qh_t \times \delta_h(t)}{\delta_h(t)}$$

9.9.9. Calcul des débits moyens nocturnes et des débits minimaux nocturnes

Le débit moyen nocturne journalier est calculé entre 2 et 5 heures du matin et correspond à la moyenne des débits horaires de 3h, 4h et 5h. La condition suivante doit être respectée pour le calcul du débit moyen nocturne : au moins 2 valeurs de débits sur les 3 doivent être connues. Le débit est alors calculé selon la formule :

$$Q_{nuit_j} = \frac{\sum_{t=3}^5 Qh_t \times \delta_h(t)}{\delta_h(t)}$$

Le débit minimal nocturne est calculé entre minuit et 5 heures. La condition suivante doit être respectée pour le calcul : au moins 3 débits sur les 5 doivent être renseignés. Le débit nocturne minimal est alors calculé selon la formule :

$$Q_{nuit_{min,j}} = \min(Qh_{t \in [1;5]})$$

9.10. Annexe 10 : Traitement des données de compteur journalières

9.10.1. Nombre de données

Sur les 156 secteurs, les débits journaliers et nocturnes journaliers sont connus sur une période variant de 4 mois à 4 ans. 37 secteurs sont écartés car les données sont trop lacunaires ou inexploitable, soit 119 secteurs restant dont les données sont disponibles sur une période variant de 10 mois à 4 ans. L'histogramme ci-dessous représente les durées des chroniques étudiées par secteurs.

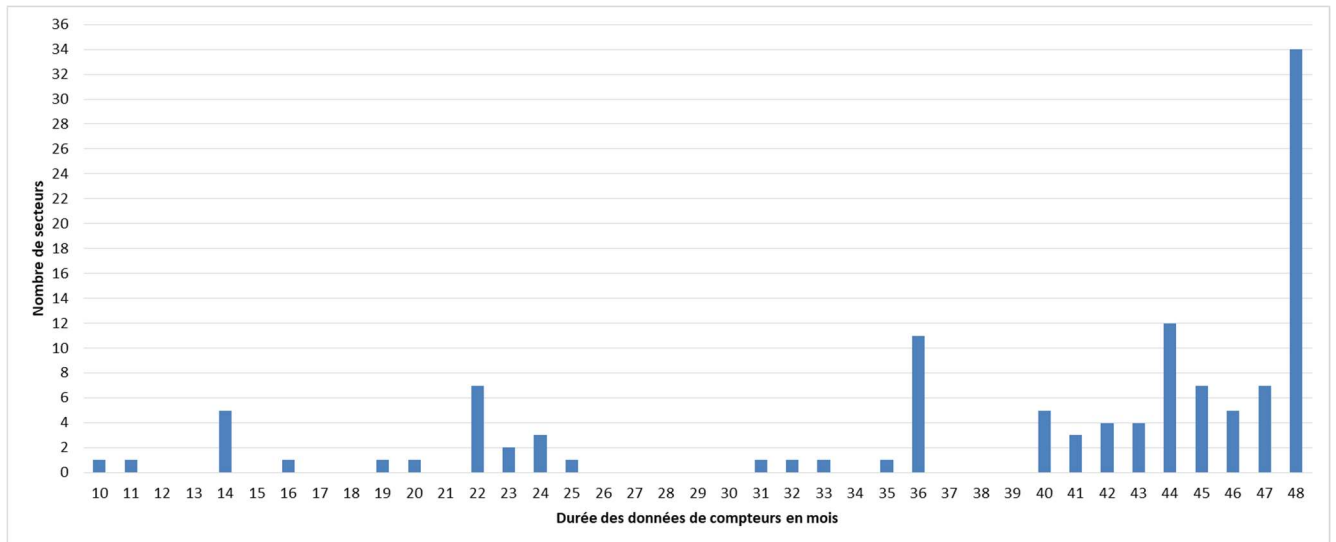


Figure 76 : Durée des données de compteurs journalières exploitées

84 % des secteurs ont au moins 2 ans de débits journaliers et nocturnes journaliers pris en compte pour le calcul de Q_{moy} et Q_{nuit} .

9.10.2. Tri automatique des débits journaliers et nocturnes

Les fichiers fournis par la CATEP associent chaque débit journalier à une valeur de validation. Les débits ont pu être invalidés s'ils sont négatifs ou anormalement élevés, ou si une panne ou un dysfonctionnement a été signalé. Les débits non validés par la CATEP sont supprimés. Cependant, les débits même validés doivent faire l'objet d'une seconde validation.

Dans un premier temps, tous les débits suivants sont invalidés automatiquement :

- Les débits inférieurs ou égaux à zéro ;
- Les débits pour lesquels $Q_{nuit} > Q_{moy}$.

Les débits nuls sont supprimés automatiquement sauf dans les cas d'un secteur (secteur 07_E) où il a semblé pertinent de les conserver car le secteur compte très peu d'abonnés et les débits sont donc très faibles (Figure 77). Les points en rouge correspondent aux débits non validés par la CATEP et les points en vert aux débits supprimés car ils sont plus élevés que les débits journaliers ($Q_{nuit} > Q_{moy}$).



Figure 77 : Débits nocturnes journaliers du secteur Deux-Rives E

Sur cet exemple, les débits nuls mettent en évidence que les débits horaires sont en moyenne inférieurs à la limite de précision du compteur qui est de 0,1 m³/h.

9.10.3. Tri manuel des débits journaliers et nocturnes

Dans un second temps, un tri manuel est effectué pour les cas suivants :

- Les débits particulièrement élevés ;
- Les débits anormalement bas sur plusieurs journées. Lorsque c'est le cas, les débits de la journée entière sont supprimés car il est fréquent qu'ils soient associés à des débits plus élevés ;
- Les périodes trop différentes de la plupart des données. Par exemple sur le secteur 01_I, la période du 1^{er} janvier 2016 au 16 septembre 2016 a été supprimée car trop différente du reste de la chronique (Figure 78).

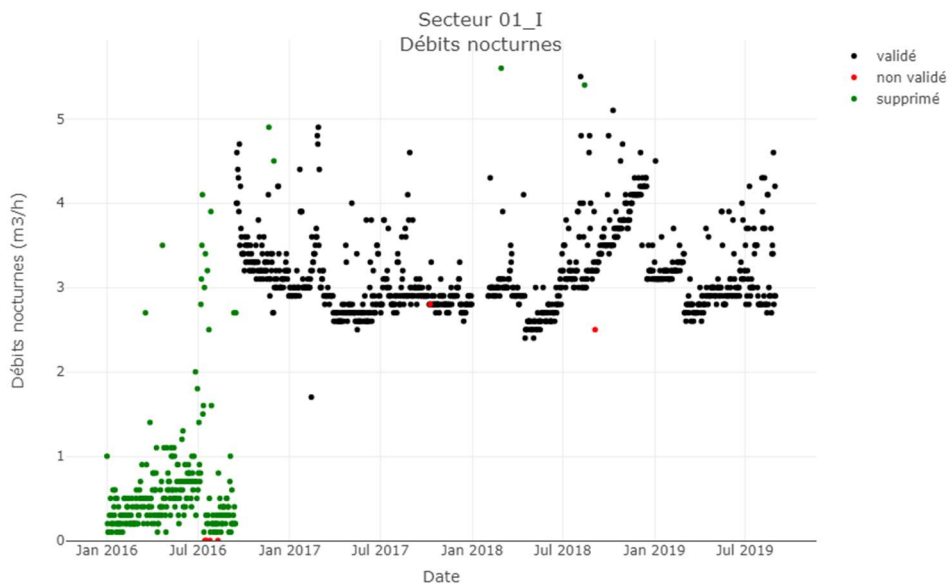


Figure 78 : Suppression de données trop différentes du reste de la chronique

9.11. Annexe 11 : Comparaison des Qnuit et Qmoy calculés à partir des données brutes et des données journalières

9.11.1. Calcul des débits journaliers et débits de nuit à l'échelle des secteurs

Les débits journaliers moyens par secteur sont calculés selon les équations suivantes sur les débits sélectionnés [RENAUD, KHEDHAOUIRIA, 2012] :

$$Qmoy_{an} = \frac{\sum_{j=1}^{365} Qmoy_j \times \delta_j(j)}{\sum_{j=1}^{365} \delta_j(j)} \quad \text{puis} \quad Qmoy = \frac{\sum_{an=2016}^{2019} Qmoy_{an} \times \delta_{an}(an)}{\sum_{an=2016}^{2019} \delta_{an}(an)}$$

Les débits de nuit moyens par secteur sont calculés selon les équations suivantes sur les débits sélectionnés :

$$Qnuit_{an} = \frac{\sum_{j=1}^{365} Qnuit_j \times \delta_j(j)}{\sum_{j=1}^{365} \delta_j(j)} \quad \text{puis} \quad Qnuit = \frac{\sum_{an=2016}^{2019} Qnuit_{an} \times \delta_{an}(an)}{\sum_{an=2016}^{2019} \delta_{an}(an)}$$

9.11.2. Ecarts relatifs entre les données brutes et les données CATEP

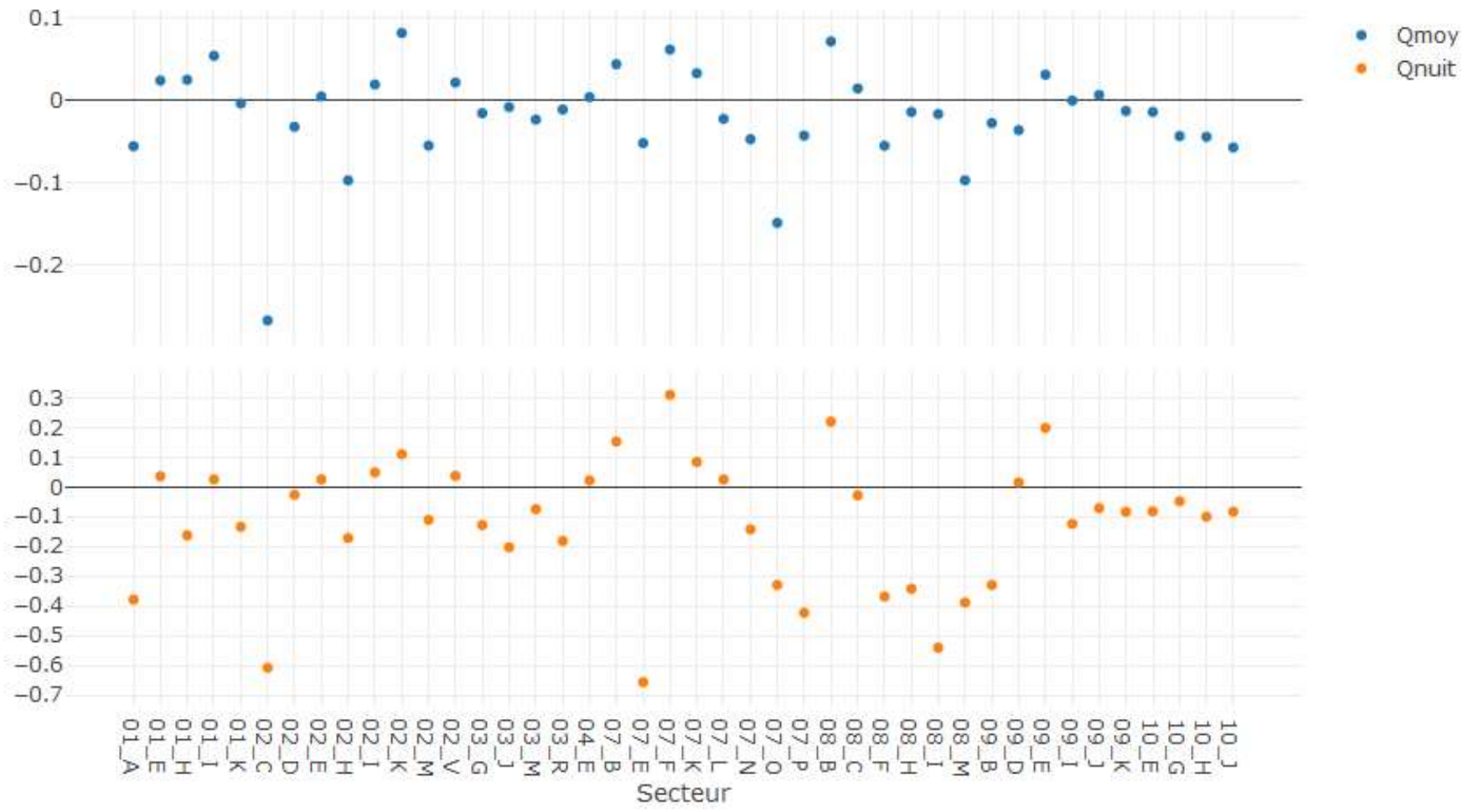
44 débits de nuit sont calculés à partir des données brutes et 119 à partir des données journalières. C'est pour cette raison que ce sont les Qnuit des débits journaliers qui sont étudiés par la suite. 42 débits ont été calculés à la fois à partir des données brutes et des données CATEP.

On compare l'écart relatif entre les deux débits de jour et entre les deux débits de nuit calculés :

$$ecart_{Qmoy} = \frac{Qmoy_{CATEP} - Qmoy_{brut}}{Qmoy_{CATEP}} \quad \text{et} \quad ecart_{Qnuit} = \frac{Qnuit_{CATEP} - Qnuit_{brut}}{Qnuit_{CATEP}}$$

Les $Qnuit_{brut}$ sont calculés en faisant la moyenne des débits de nuit alors que la plupart des $Qnuit_{CATEP}$ ont été calculés en prenant le minimum des débits de nuit, cela explique que les écarts soient souvent négatifs. Le graphique représentant l'ensemble des écarts relatifs est présenté ci-après. Les écarts s'expliquent notamment par la différence de durée des chroniques étudiées entre les données brutes et les données CATEP.

L'étude de ces écarts a permis de guider le tri manuel des débits dans certains cas. Les plus grands écarts sont observés sur les secteurs 07_E et 02_C qui sont des petits secteurs (respectivement 2,8 et 6,9 km), pour lesquels l'incertitude est plus grande que sur les grands secteurs.



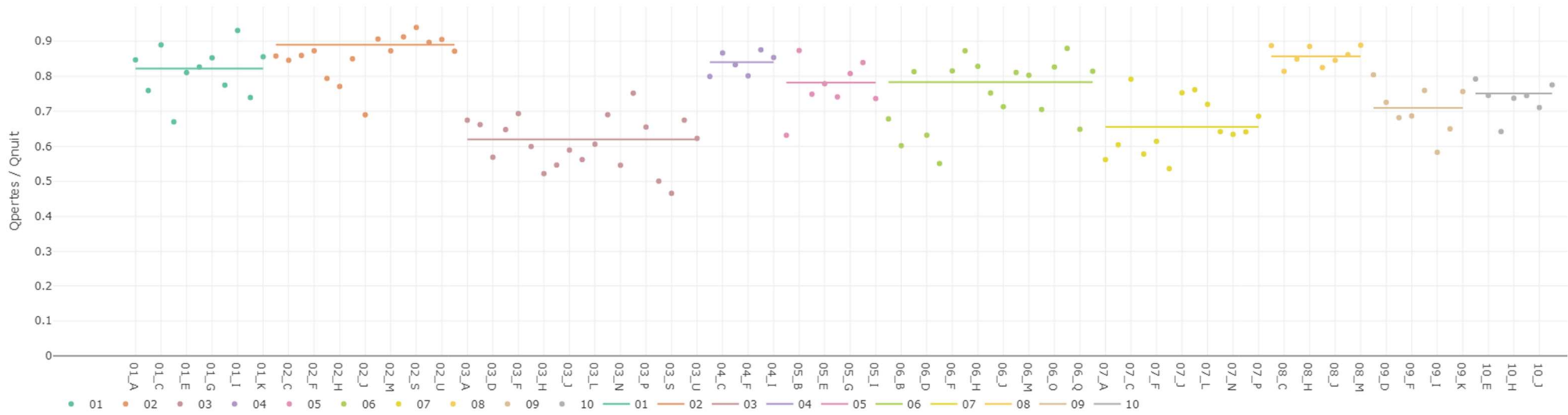
9.12. Annexe 12 : Modification des α_0

On rappelle que $\alpha_{0,ref} 2018 = \alpha_{0,ref} 2019$.

Ajustements manuels du $\alpha_{0,ref}$ lorsque les pertes sont négatives

Secteur	$\alpha_{0,ref}$	α_0 corrigé
03_D	$\alpha_{0,ref} 2016 = 0.168$ $\alpha_{0,ref} 2017 = 0.168$ $\alpha_{0,ref} 2018 = 0.170$	$\alpha_0 = 0.15$
03_R	$\alpha_{0,ref} 2016 = 0.168$ $\alpha_{0,ref} 2017 = 0.168$ $\alpha_{0,ref} 2018 = 0.170$	$\alpha_0 = 0.14$
03_S	$\alpha_{0,ref} 2016 = 0.168$ $\alpha_{0,ref} 2017 = 0.168$ $\alpha_{0,ref} 2018 = 0.170$	$\alpha_0 = 0.15$
06_D	$\alpha_{0,ref} 2016 = 0.152$ $\alpha_{0,ref} 2017 = 0.147$ $\alpha_{0,ref} 2018 = 0.155$	$\alpha_0 = 0.10$
07_F	$\alpha_{0,ref} 2016 = 0.188$ $\alpha_{0,ref} 2017 = 0.205$ $\alpha_{0,ref} 2018 = 0.192$	$\alpha_0 = 0.15$
07_N	$\alpha_{0,ref} 2016 = 0.176$ $\alpha_{0,ref} 2017 = 0.192$ $\alpha_{0,ref} 2018 = 0.178$	$\alpha_0 = 0.10$
07_P	$\alpha_{0,ref} 2016 = 0.176$ $\alpha_{0,ref} 2017 = 0.192$ $\alpha_{0,ref} 2018 = 0.178$	$\alpha_0 = 0.10$
09_B	$\alpha_{0,ref} 2016 = 0.155$ $\alpha_{0,ref} 2017 = 0.155$ $\alpha_{0,ref} 2018 = 0.163$	$\alpha_0 = 0.12$
09_E	$\alpha_{0,ref} 2016 = 0.155$ $\alpha_{0,ref} 2017 = 0.155$ $\alpha_{0,ref} 2018 = 0.163$	$\alpha_0 = 0.10$
09_I	$\alpha_{0,ref} 2016 = 0.155$ $\alpha_{0,ref} 2017 = 0.155$ $\alpha_{0,ref} 2018 = 0.163$	$\alpha_0 = 0.14$

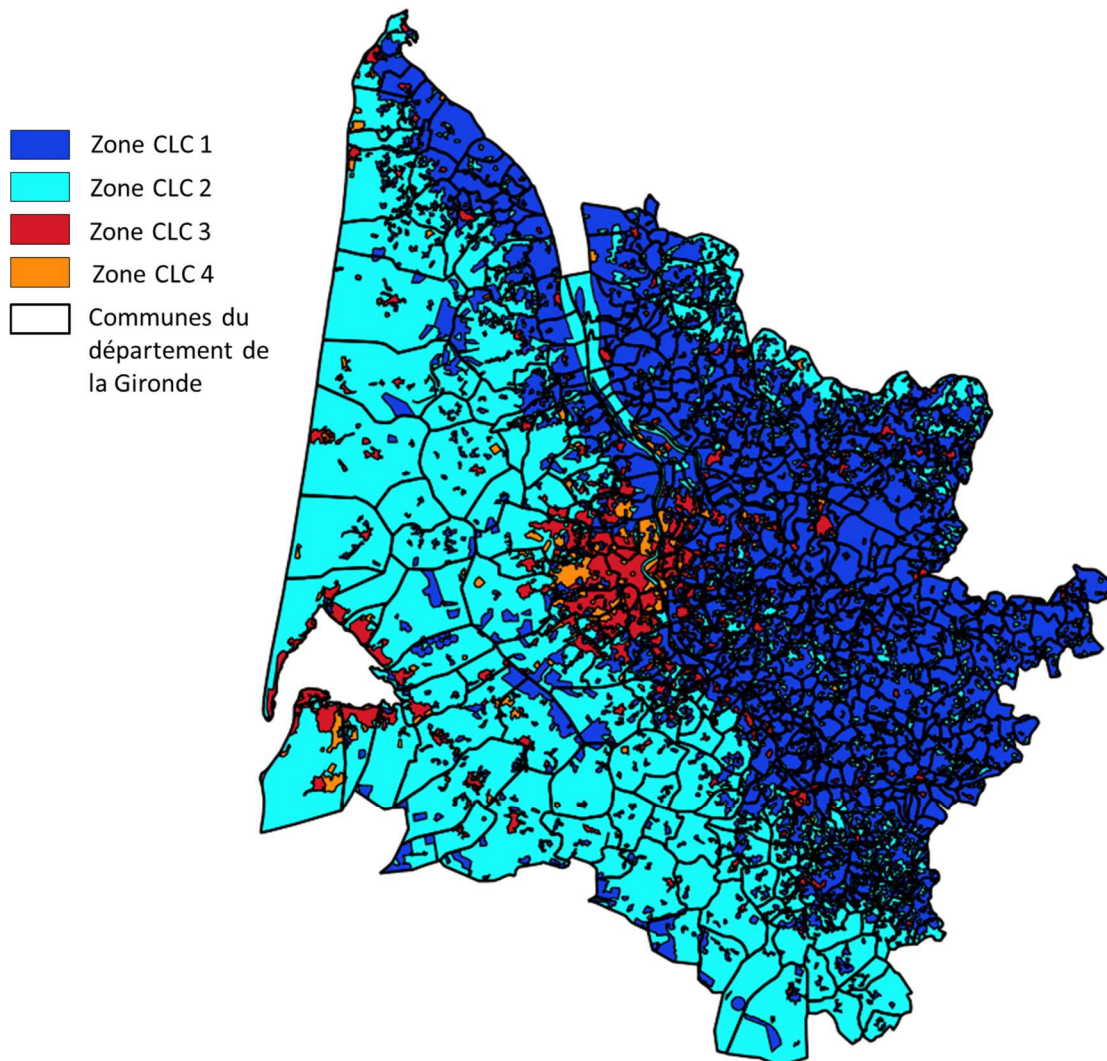
9.13. Annexe 13 : Rapport entre Qnuit et Qpmoy



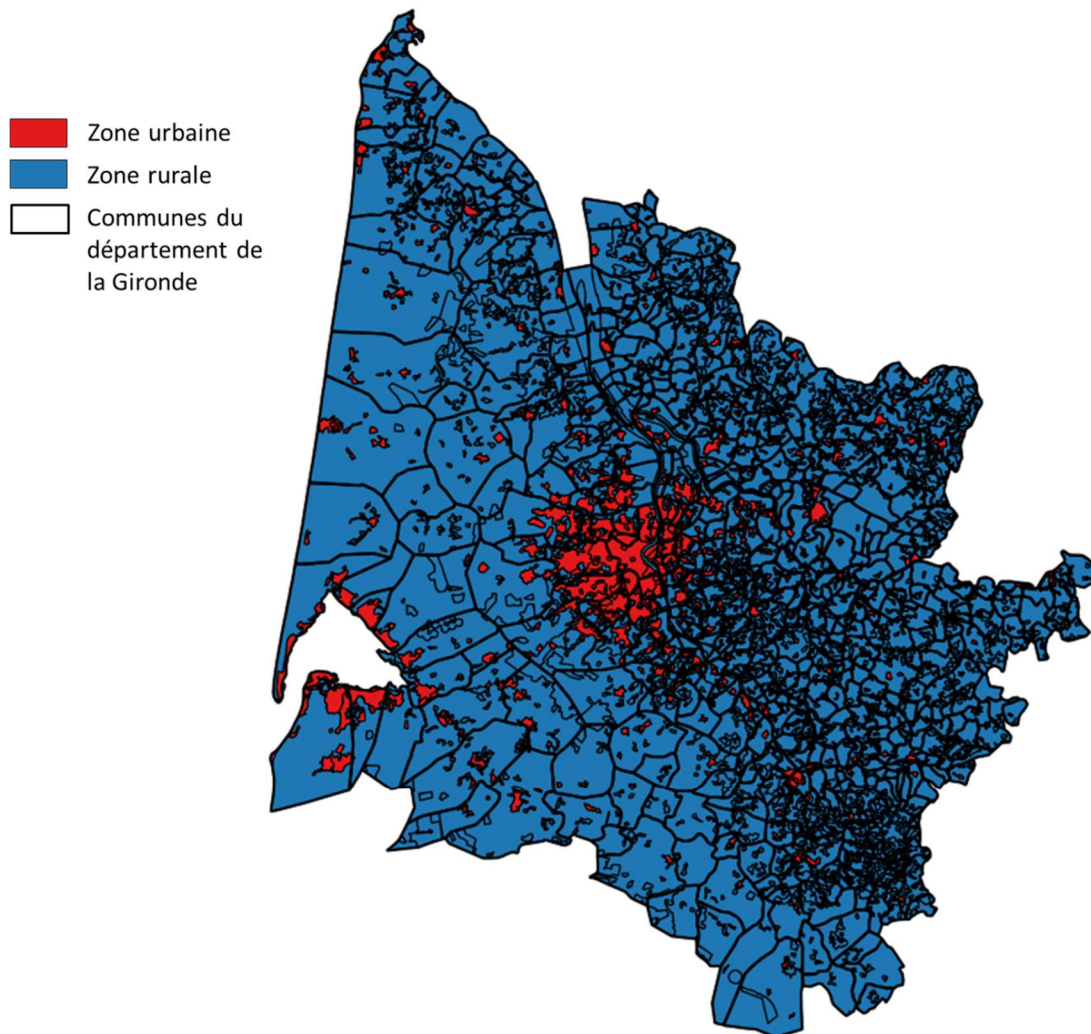
Chaque couleur correspond à une collectivité et les lignes correspondent à la moyenne par collectivité.

9.14. Annexe 14 : Carte des zones CLC regroupées en Gironde

9.14.1. Zones Corine Land Cover regroupées en 4 zones

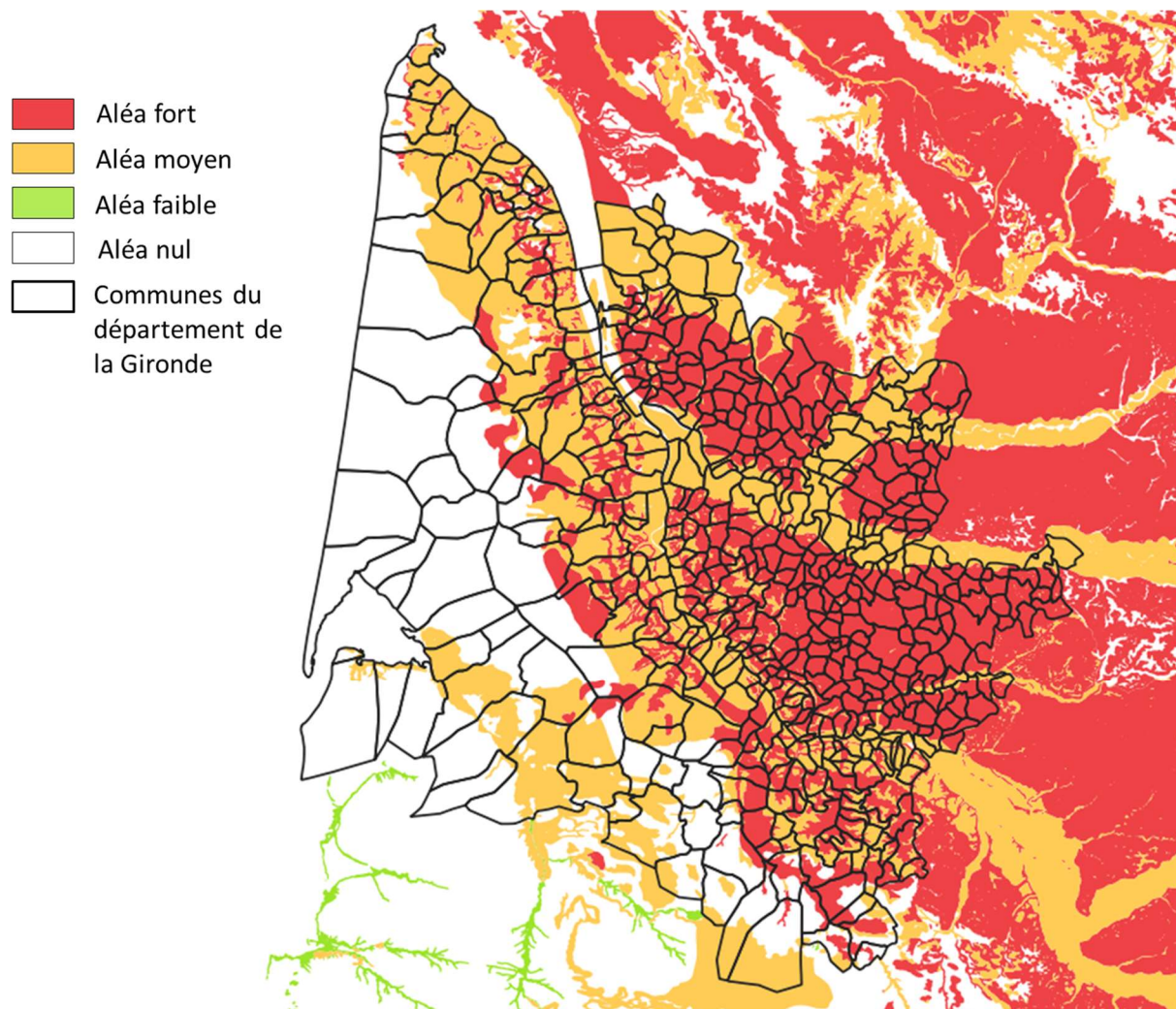


9.14.2. Carte des zones urbaines et rurales déduites des 4 zones CLC



9.15. Annexe 15 : Carte des niveaux d'aléas argiles gonflantes en Gironde

La carte représentée ci-dessous est un extrait de la carte s'étendant sur le territoire national sur laquelle figure les limites des communes du département de la Gironde.



9.16. Annexe 16 : Modifications apportées au fichier brut des interventions directement sous Excel

Modifications sur les dates d'intervention (Les valeurs renseignées peuvent l'être en majuscule ou minuscule) :

Date renseignée initialement	Correction
01/102018	01/10/2018
10/012017	10/01/2017
24/11/20178	24/11/2018 (<i>l'intervention est entourée d'autres interventions effectuées en 2018</i>)
27/02/02019	27/02/2019
31/03/217	31/03/2017

Modifications sur les ouvrages :

Ouvrage renseigné initialement	Correction
Accessoire	Canalisation (<i>19 secteurs de la collectivité 10</i>)
Barnchement	Branchement
Branchements	Branchement
Branchemetn	Branchement
brranchement	Branchement
reseau	Canalisation
Réseau	Canalisation

Modifications sur les types d'interventions :

Type d'intervention renseigné initialement	Correction
Manœuvre vanne	Manoeuvre vanne (<i>pour traitement sous R</i>)

Modifications sur les matériaux :

Matériau renseigné initialement	Correction
Acier	A
AMC	AC
Amiante	AC
Amiante-Ciment	AC
Amiante ciment	AC
Centriflex	FI
Cuivre	Divers
Fonte	FI
Fonte Ductile	FD
Fonte grise	FG
Inc	INC
Inconnu	INC
PE	PEI
PE 25	PEI
Plomb	Divers
Poly	PEI
Polyéthylène B.D.	PEB
Polyéthylène H.D. (bleu)	PEH
PVC	PVCI
PVC classique (mono-orienté)	PVCI
' Vide '	INC

9.17. Annexe 17 : Sélection des interventions

1. Sélection sur l'ouvrage

Les ouvrages suivant sont supprimés :

Ouvrages supprimés
Branchements après compteur
Comptage
Compteur abonné
Débitmètre
Forage
PI
Production
Stockage
Télégestion
S

Cas particulier : ouvrage inconnu : si le matériau est renseigné, alors on garde et si le matériau n'est pas renseigné on supprime car les observations indiquent qu'il s'agit en général d'un débitmètre ou d'un accessoire.

Ouvrages restant
Canalisation
Branchement
Equipement
INC

Avant sélection : 6507 interventions

Après sélection : 6300 interventions

2. Sélection sur le type d'intervention

Les types d'intervention suivant sont supprimés :

Types d'intervention supprimés
Arrosage
Détérioration tiers
Purge
Manœuvre vanne
Ouverture PI
Casse entreprise
Consommation
Fuite compteur
Fuite réseau casse tiers
Fuite sur compteur
Fuite sur robinet
Fuite sur équipement
Fuite ventouse
Pièce de réparation branchement
Pièce de réparation

Avant sélection : 6300 interventions

Après sélection : 5863 interventions

3. Sélection sur les observations

Les observations suivantes sont supprimées :

Observations supprimées
Fuite après compteur
Détérioration tiers

Casse par tiers
Fuite emboitement après compteur (travaux)
Mise en service nouveau réseau – purge
Mise en service STAB

Avant sélection : 5863 interventions

Après sélection : 5829 interventions

4. Sélection sur l'origine des découvertes

Les origines suivantes sont supprimées :

Origines supprimées
Appel tiers (casse tiers)
Casse département suite à sondage
Casse entreprise
Casse tiers
Détérioration tiers

Avant sélection : 5829 interventions

Après sélection : 5812 interventions

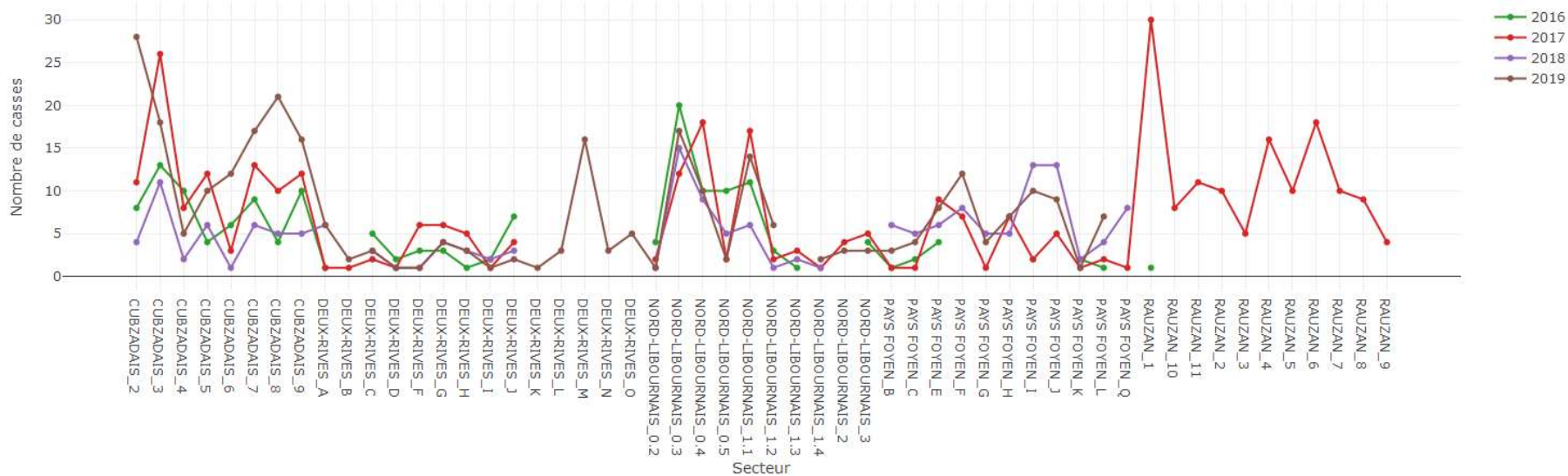
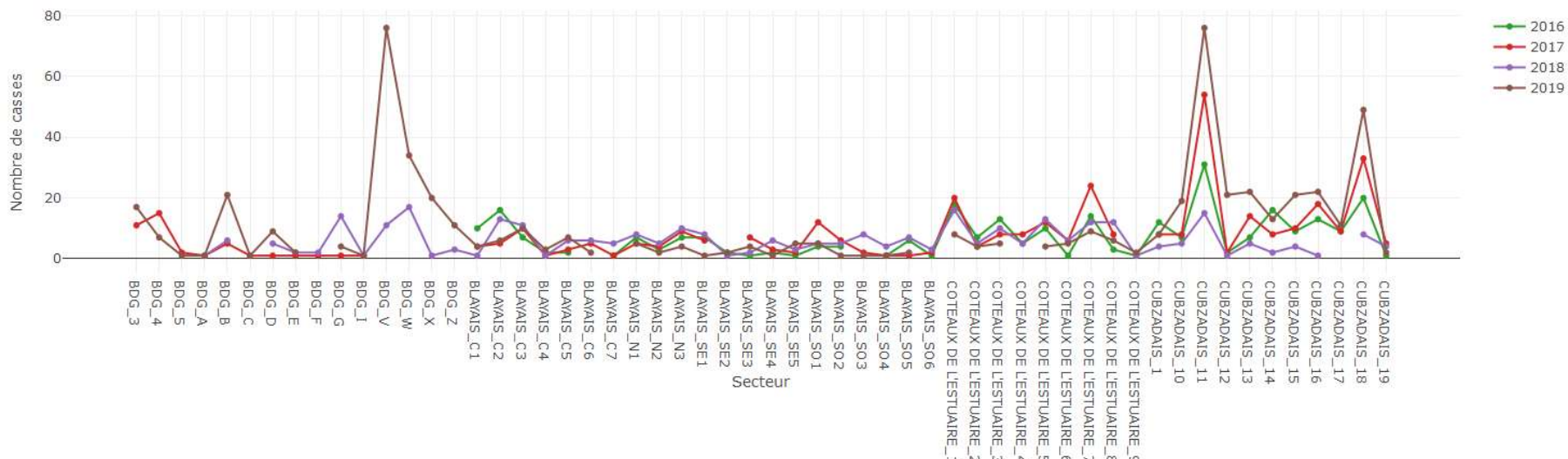
5. Modification des équipements en canalisation

Pour 18 secteurs l'ouvrage « équipement » est modifié en « canalisation »

Pour 6 secteurs si l'ouvrage est « équipement » et le type d'intervention « fuite » ou « déboitement » alors l'ouvrage est changé en « canalisation ».

Cela est susceptible d'introduire un biais sur l'étude des taux de casses en fonction des matériaux si le matériau de l'équipement est en bronze, laiton ou acier par exemple.

9.18. Annexe 18 : Nombre de casses par an et par secteurs



9.19. Annexe 19 : Secteurs dont une partie des interventions sont sur matériau inconnu

Les secteurs ayant 100 % ou 0 % d'interventions sur matériau inconnu ne sont pas représentés. Les secteurs conservés (moins de 20 % d'inconnu) sont en vert et les autres en rouge.

Inc. = Nombre d'interventions sur matériau inconnu

Nb. = Nombre d'interventions total

% = Proportion d'interventions sur matériau inconnu (en %).

Secteur	4 années			2016		2017		2018		2019	
	Inc.	Nb.	%	Inc.	Nb.	Inc.	Nb.	Inc.	Nb.	Inc.	Nb.
01_J	14	15	93,3	6	7	4	4	4	4	0	0
02_B	1	17	5,8	0	0	0	13	0	0	1	4
03_G	1	2	0,5	0	1	0	0	0	0	1	1
03_C	1	21	4,7	1	7	0	5	0	5	0	4
05_B	1	16	6,2	0	4	0	4	1	4	0	4
06_A	2	22	9,0	0	6	0	6	1	4	1	6
06_J	1	24	4,1	0	4	0	5	0	4	1	11
07_A	3	11	27,2	1	1	1	1	1	6	0	3
07_C	5	11	45,4	4	4	1	2	0	2	0	3
07_D	2	4	50,0	2	2	0	1	0	0	0	1
07_F	1	8	12,5	1	3	0	3	0	1	0	1
07_G	1	4	25,0	0	1	1	2	0	0	0	1
07_H	1	8	12,5	0	1	1	5	0	1	0	1
07_J	6	14	42,8	6	6	0	4	0	2	0	2
08_C	16	18	88,8	0	0	14	14	2	4	0	0
09_E	1	13	7,6	1	7	0	2	0	3	0	1
10_A	8	55	14,5	0	0	4	16	1	15	3	24
10_C	3	7	42,8	0	0	1	1	1	5	1	1
10_D	1	5	20,0	0	0	0	1	1	3	0	1
10_I	2	21	9,5	0	0	0	2	0	11	2	8

9.20. Annexe 20 : Renseignement des casses par secteurs et par an

Après tri des secteurs (110 secteurs), bila du nombre d'interventions qui est renseigné.

Secteur	2016	2017	2018	2019
02_A		11		17
02_B		15		7
02_C		2		1
02_E		1	1	1
02_F		5	6	21
02_G		1		1
02_H		1	5	9
02_I		1	2	2
02_J		1	2	
02_K		1	14	4
02_M		1	1	1
02_R			11	76
02_S			17	34
02_T			1	20
02_V			3	11
03_D	10	4	1	4
03_E	16	5	13	6
03_F	7	10	11	10
03_G	2	1	1	3
03_H	2	3	6	7
03_I		5	6	2
03_J	1	1	5	
03_A	7	5	8	5
03_B	3	4	5	2
03_C	7	9	10	4
03_Q	7	6	8	1
03_R	2		1	2
03_S	1	7	2	4
03_T	2	3	6	1
03_U	1	2	3	5
03_K	4	12	5	5
03_L	4	6	5	1
03_M		2	8	1
03_N	1	1	4	1
03_O	6	1	7	2
03_P	1	2	3	
05_A	18	20	16	8
05_B	7	4	5	4
05_C	13	8	10	5
05_D	5	8	5	
05_E	10	12	13	4

05_F	1	6	6	5
05_G	14	24	12	9
05_H	3	8	12	6
05_I	1		1	2
06_A	12	8	4	8
06_J	7	8	5	19
06_K	31	54	15	76
06_L	2	2	1	21
06_M	7	14	5	22
06_N	16	8	2	13
06_O	9	10	4	21
06_P	13	18	1	22
06_Q	9	9		11
06_R	20	33	8	49
06_S	1	5	4	2
06_B	8	11	4	28
06_C	13	26	11	18
06_D	10	8	2	5
06_E	4	12	6	10
06_F	6	3	1	12
06_G	9	13	6	17
06_H	4	10	5	21
06_I	10	12	5	16
07_A	1	1	6	6
07_B		1		2
07_C	5	2	3	3
07_D	2	1	1	1
07_F	3	6	1	1
07_G	3	6	4	4
07_H	1	5	3	3
07_I	2	1	2	1
07_J	7	4	3	2
07_K				1
07_L				3
07_M				16
07_N				3
07_O				5
09_B	4	2	1	1
09_C	20	12	15	17
09_D	10	18	9	10
09_E	10	2	5	2
09_F	11	17	6	14
09_G	3	2	1	6
09_H	1	3	2	
09_I		1	1	2
09_J		4		3

09_K	4	5		3
10_B	1	1	6	3
10_C	2	1	5	4
10_E	4	9	6	8
10_F		7	8	12
10_G		1	5	4
10_H		7	5	7
10_I	2	2	13	10
10_J		5	13	9
10_K	2	1	2	1
10_L	1	2	4	7
10_Q		1	8	
11_A	1	30		
11_J		8		
11_K		11		
11_B		10		
11_C		5		
11_D		16		
11_E		10		
11_F		18		
11_G		10		
11_H		9		
11_I		4		

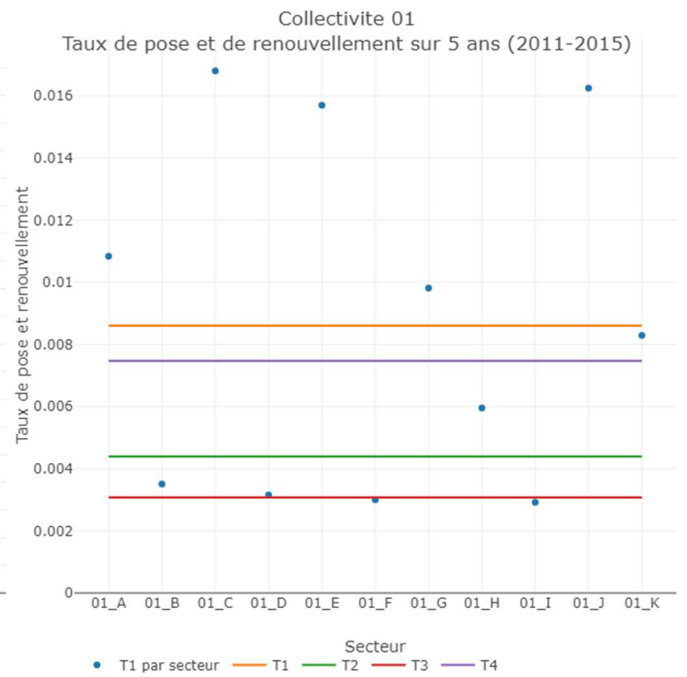
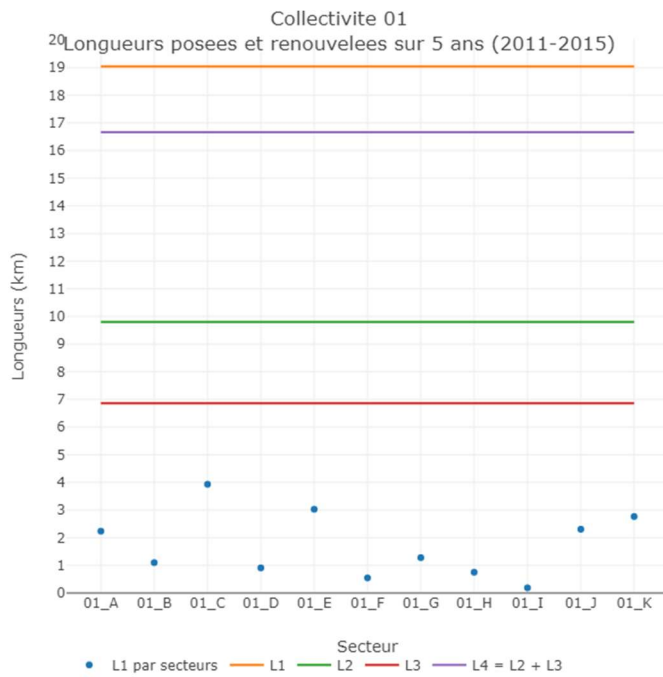
9.21. Annexe 21 : Comparaison des longueurs de conduite neuve et taux de conduite neuve calculés à partir du SIG et renseignées dans SISPEA

Seules les collectivités correspondant à un même service dans SISPEA sont étudiées.

Collectivité 01

Longueur du SIG : 442.36 km

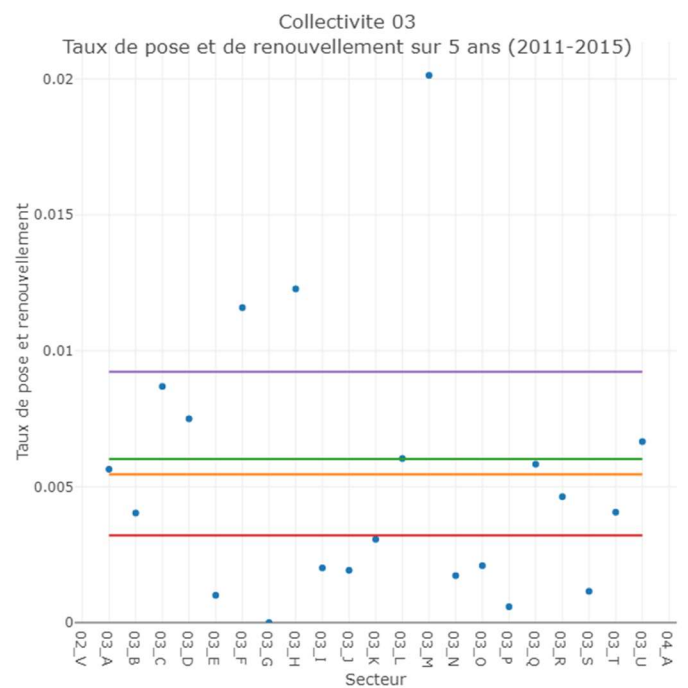
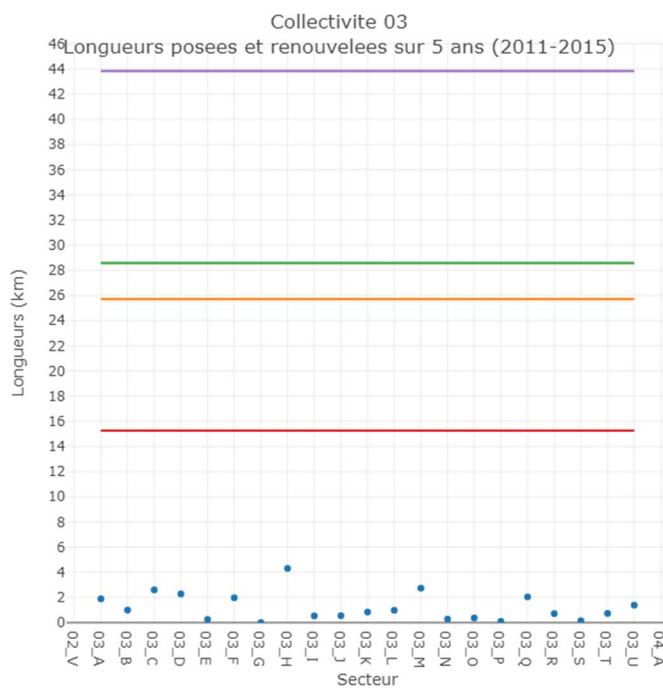
Longueur renseignée dans SISPEA : 448.33 km



Collectivité 03

Longueur du SIG : 942.24 km

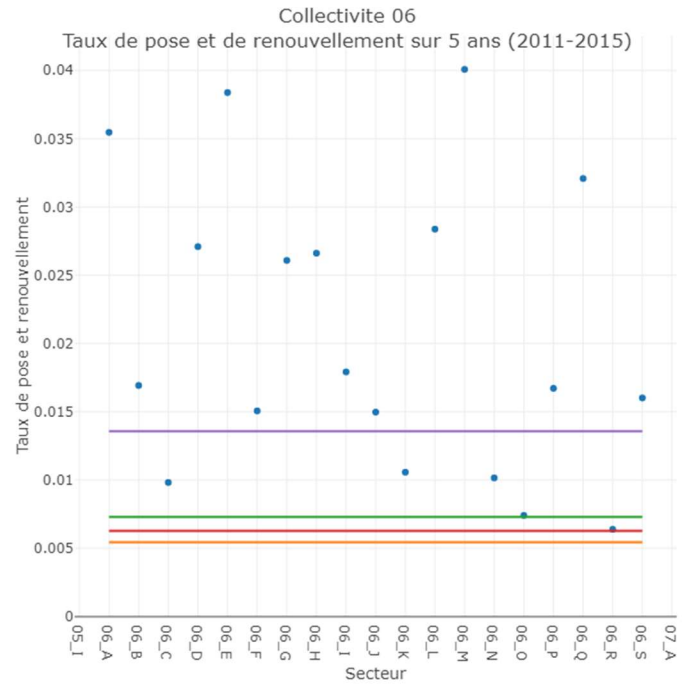
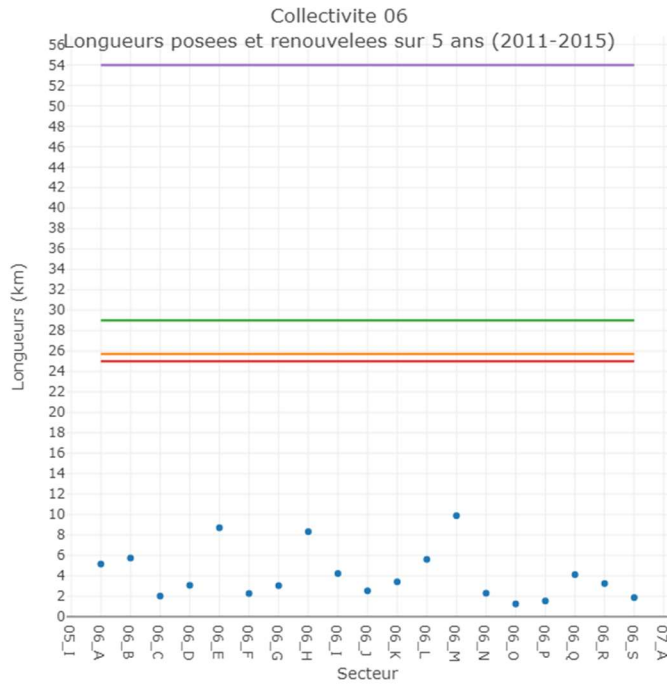
Longueur renseignée dans SISPEA : 957.30 km



Collectivité 06

Longueur du SIG : 803.52 km

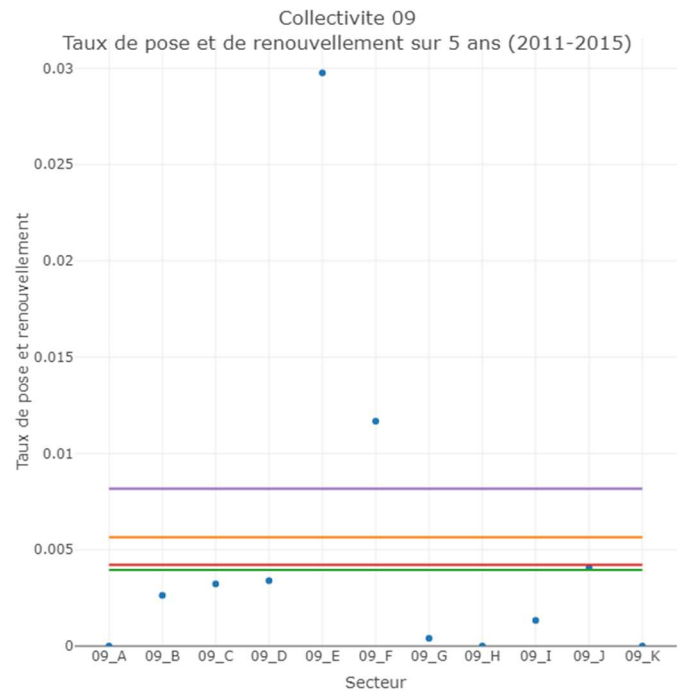
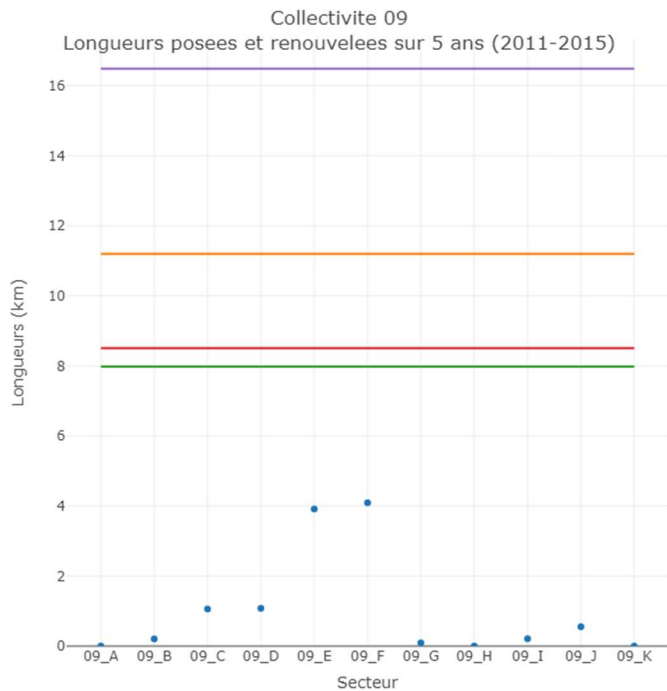
Longueur renseignée dans SISPEA : 803.24 km



Collectivité 09

Longueur du SIG : 396.04 km

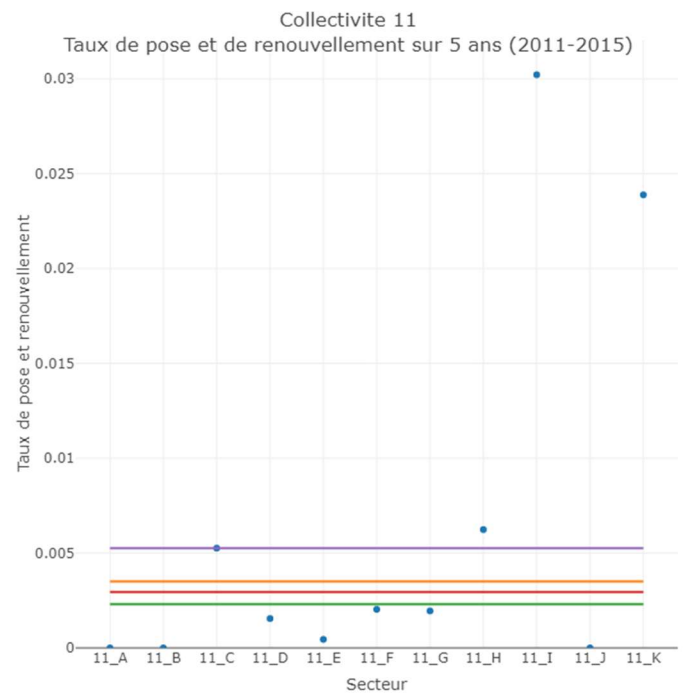
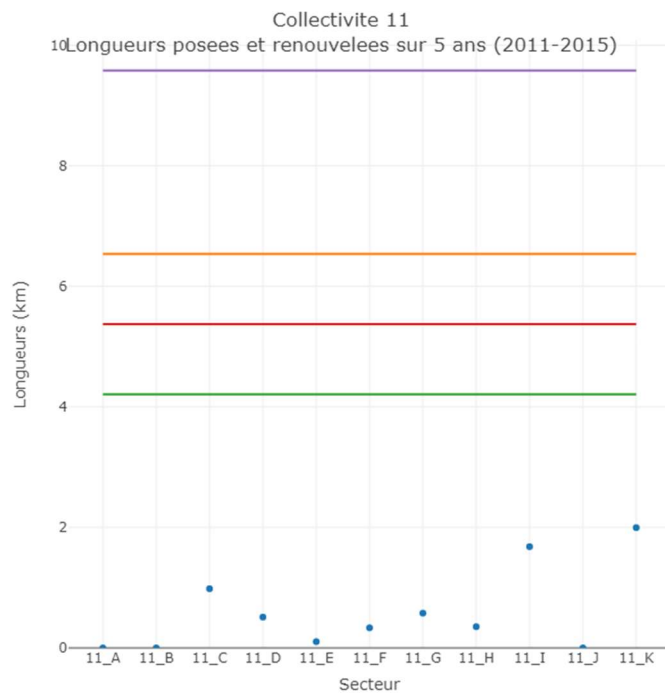
Longueur renseignée dans SISPEA : 405.67 km



Collectivité 11

Longueur du SIG : 373.19 km

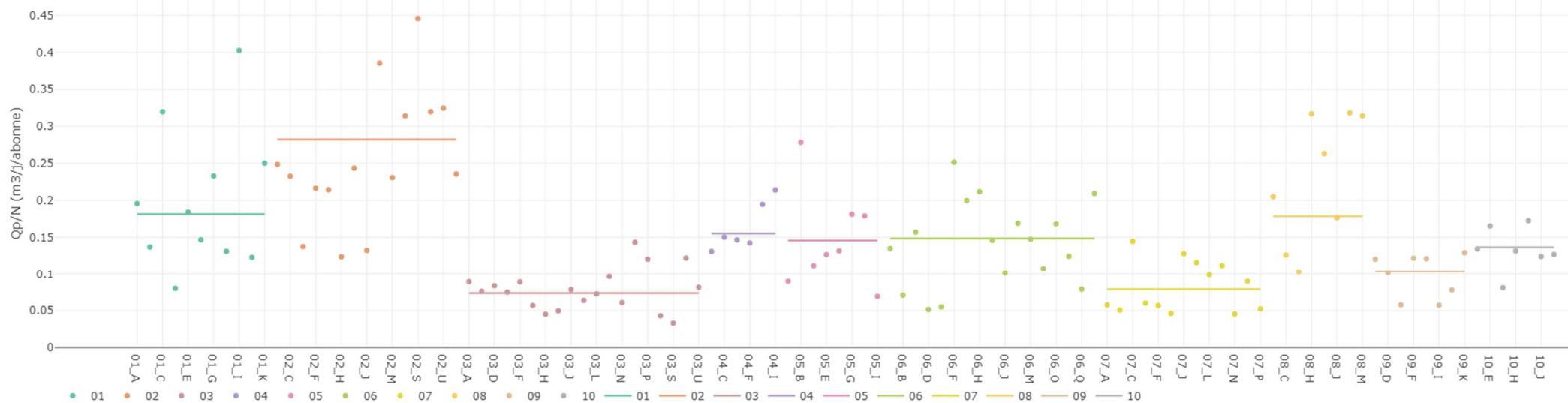
Longueur renseignée dans SISPEA : 372.74 km



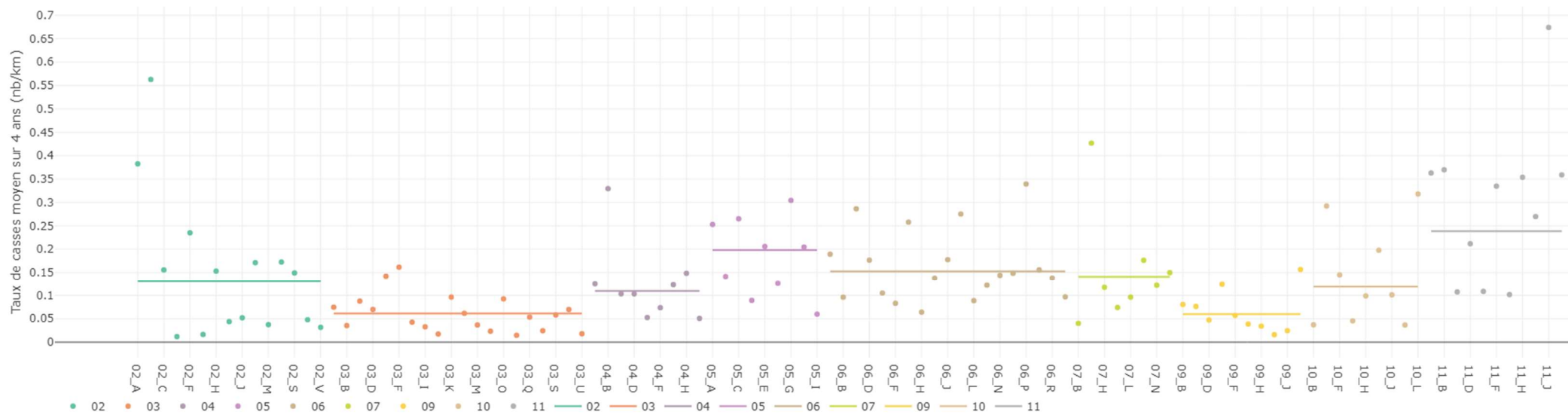
9.22. Annexe 22 : Cas particuliers pour la création des classes

Nombre de classes	Paramètre concerné	Problématique	Méthode de création des classes
10 classes	% fonte et TCN10 dans les secteurs ruraux	Plus de 10 % des secteurs ont 0 %	quantile entre 10 % et 100 % avec un pas de 9 %
	% fonte dans les secteurs ruraux	plus de 20 % de secteurs ont 0 %	quantile entre 20 % et 100 % avec un pas de 8 %
	% urbain	plus de 25 % de secteurs ont 0 %	quantile entre 25 % et 100 % avec un pas de 7,5 %
	% urbain dans les secteurs riches en pvc	plus de 35 % de secteurs ont 0 %	quantile entre 35 % et 100 % avec un pas de 6,5 %
	% rural	plus de 25 % de secteurs ont 100 %	quantile entre 0 et 75 % avec un pas de 7,5 %
	% rural dans les secteurs riches en pvc	plus de 35 % de secteurs ont 100 %	quantile entre 0 et 65 % avec un pas de 6,5 %
5 classes	% urbain	plus de 25 % des secteurs ont 0 %	quantile entre 20 % et 100 % avec un pas de 16 %
	% rural	plus de 25 % des secteurs ont 100 %	quantile entre 0 et 80 % avec un pas de 16 %

9.23. Annexe 23 : Débit de pertes par abonné moyens par secteurs et par collectivités



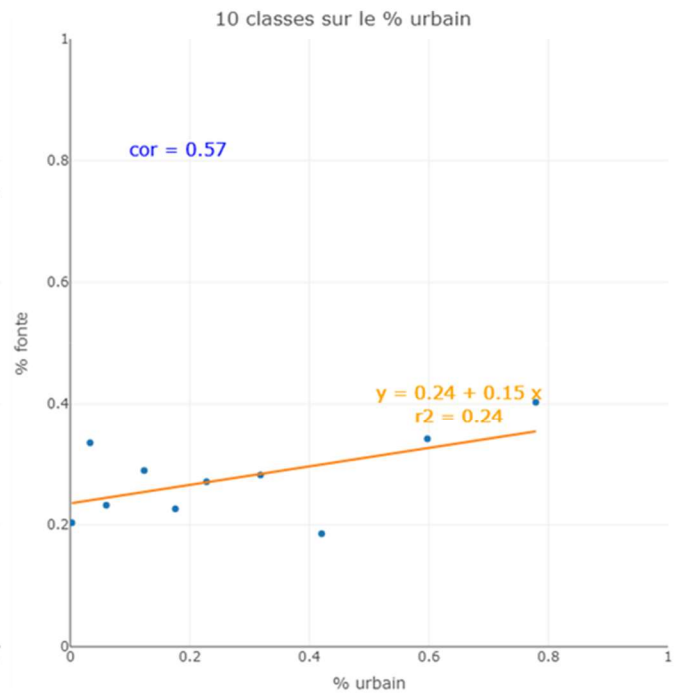
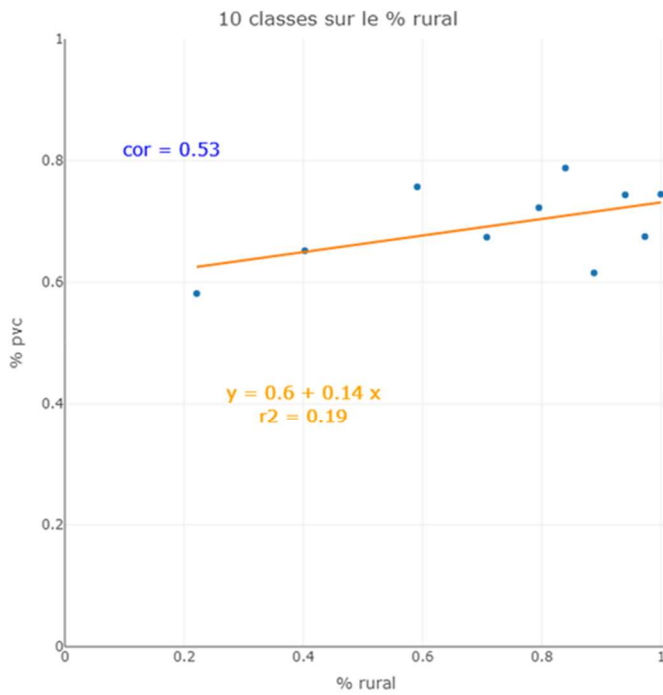
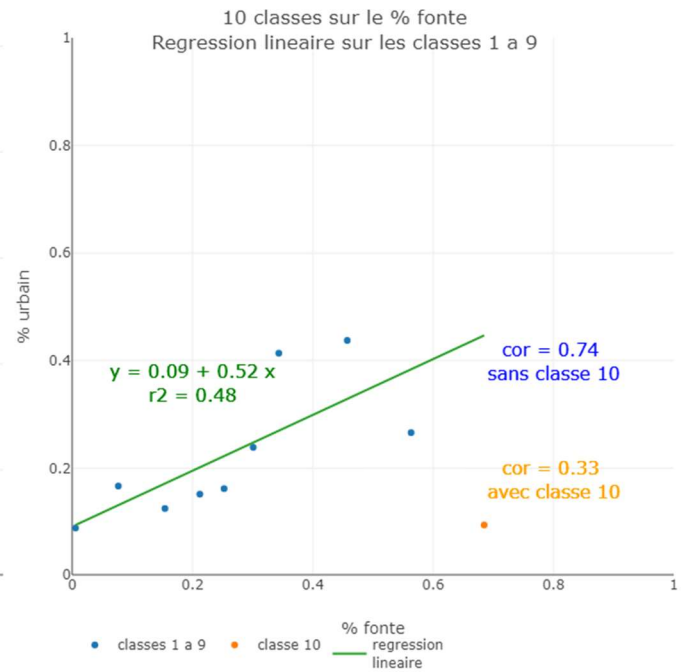
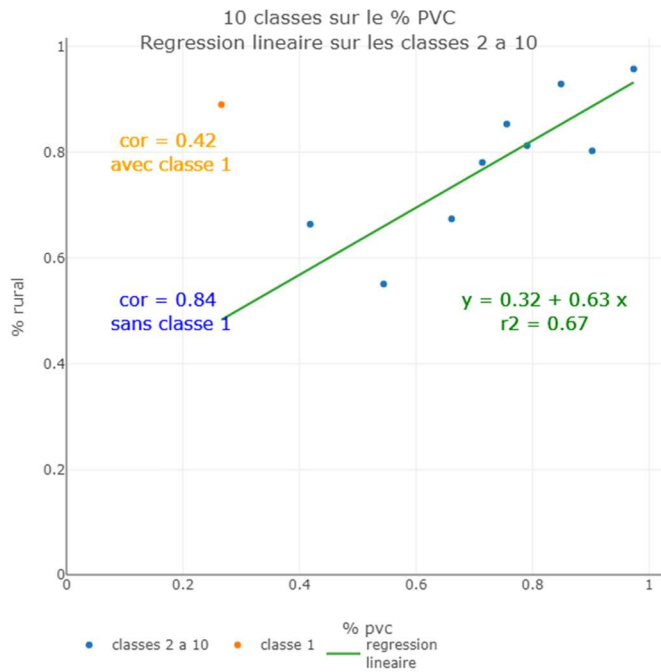
9.24. Annexe 24 : Taux de casses moyens par secteurs et par collectivités



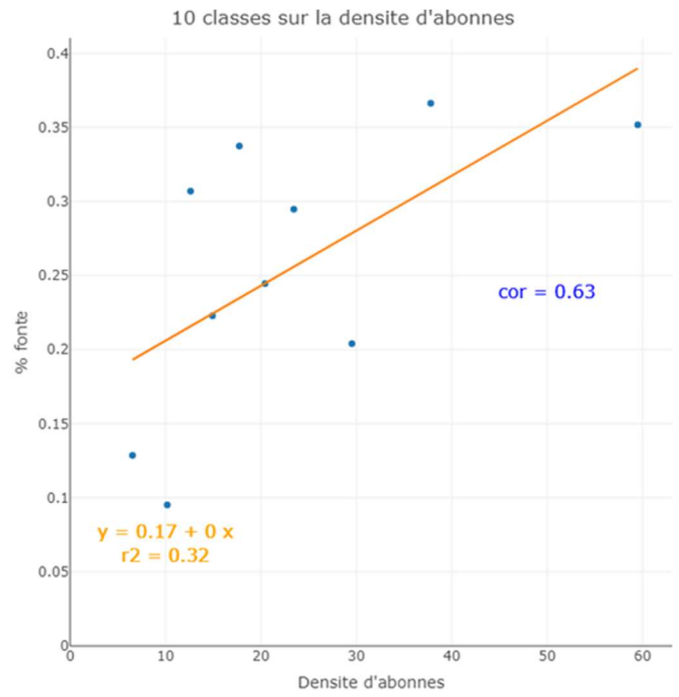
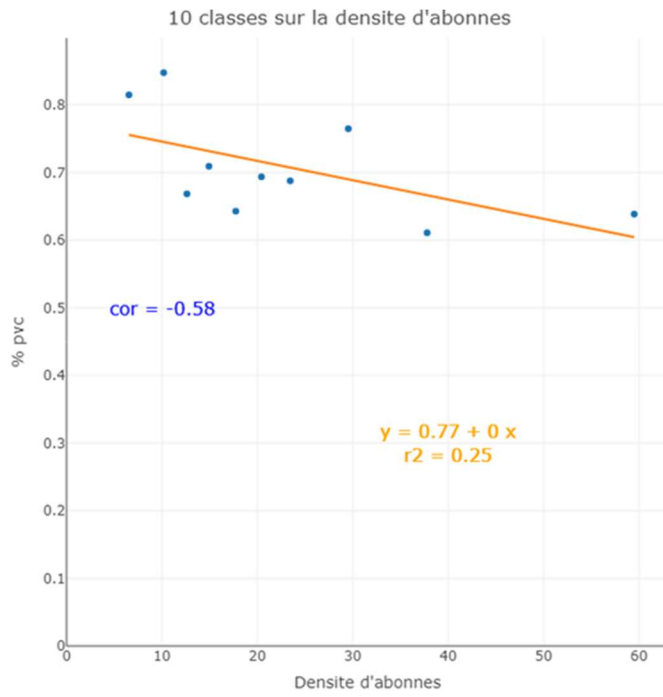
Notons que les taux de casses très élevés correspondent souvent à des petits secteurs dont la longueur de réseau est faible.

9.25. Annexe 25 : Graphiques de la partie 5

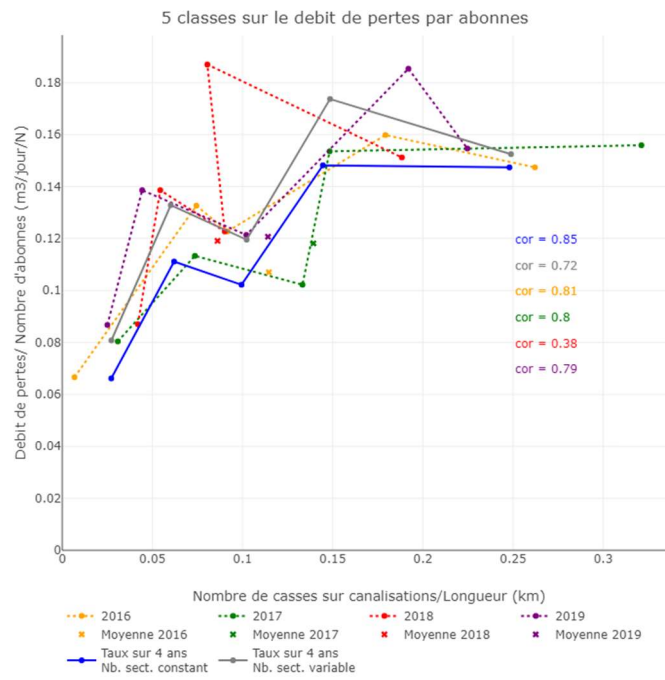
9.25.1. Matériau – zones urbaines et rurales



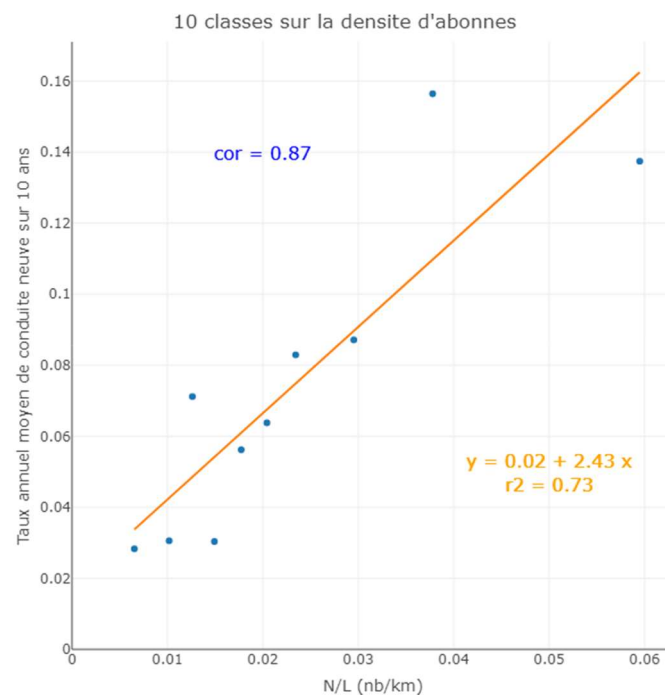
9.25.1. Matériau – densité d'abonnés



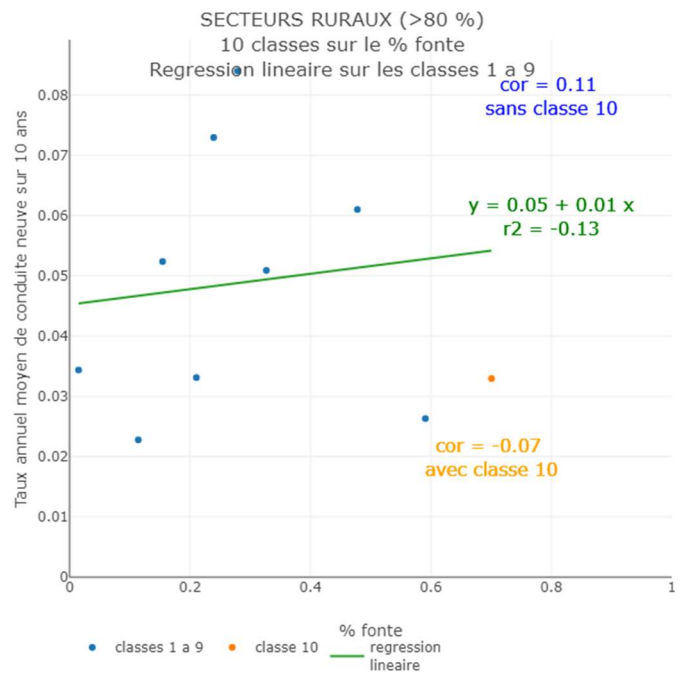
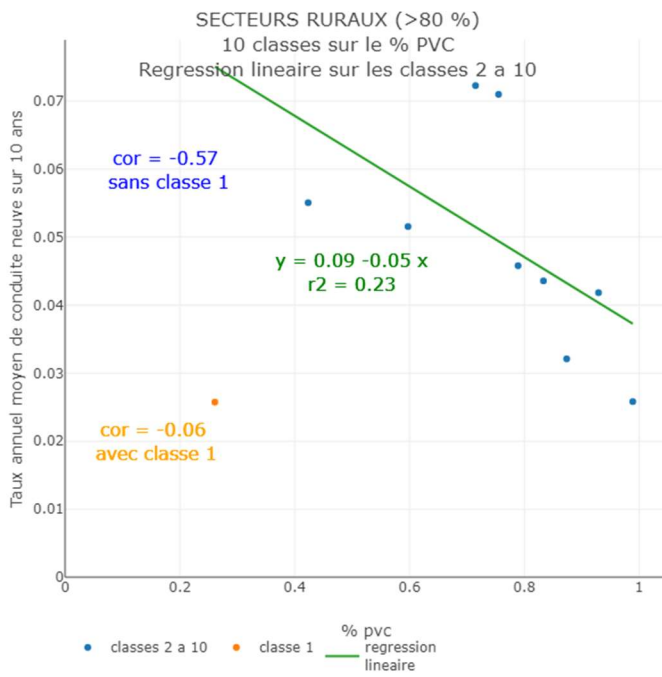
9.25.2. Qp/N – Taux de casses



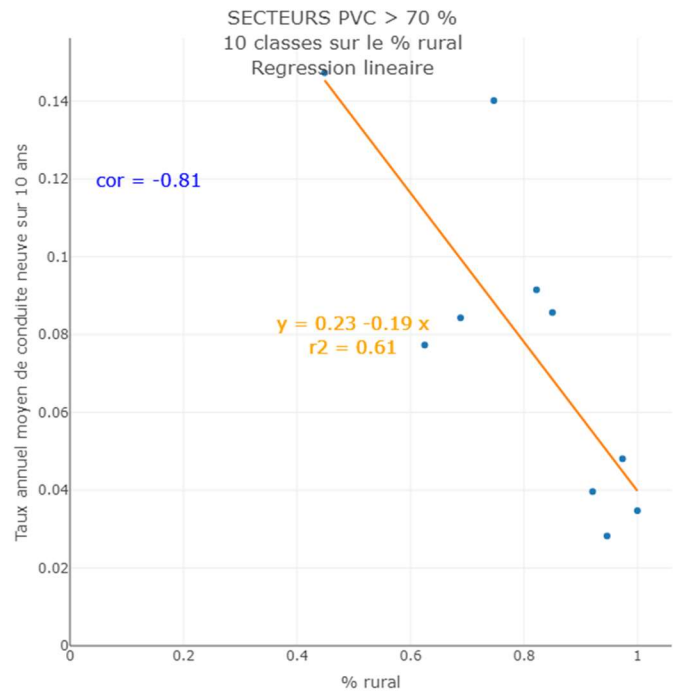
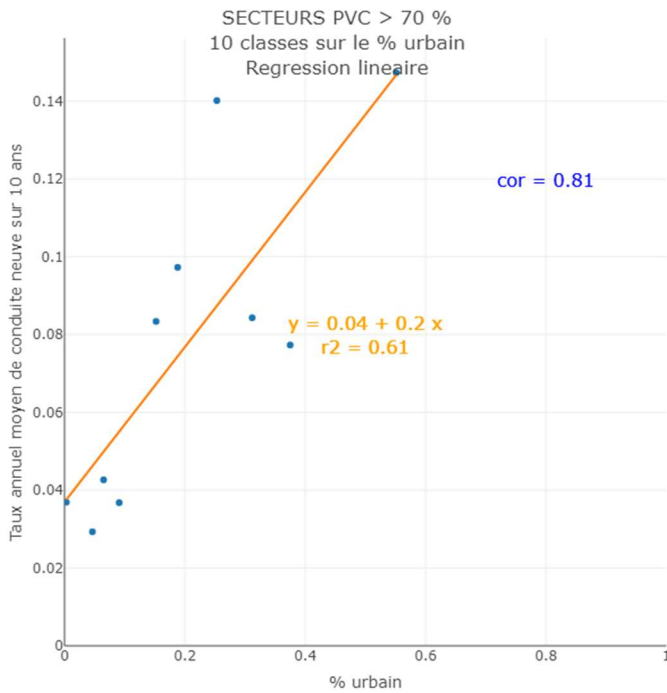
9.25.3. TCN10 – densité d'abonnés



9.25.4. TCN10 – matériau dans les secteurs ruraux



9.25.5. TCN10 – urbanisation dans les secteurs riches en PVC



9.26. Annexe 26 : Tableaux de données de la partie 5

9.26.1. Débit de pertes par unité de longueur

Qp/L en fonction de la proportion de pvc, classes sur la proportion de pvc.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. PVC (km)	Qpmoy (m3/jour)	Nombre d'abonnés	Prop. Long. PVC	Qpmoy/L (m3/jour/km)
1	12	287.0	75.6	976.4	7062	26.3%	0.003
2	11	327.6	159.3	1605.1	13182	48.6%	0.005
3	13	622.0	400.5	3439.9	22358	64.4%	0.006
4	14	576.3	411.0	2103.3	14827	71.3%	0.004
5	6	200.5	149.3	702.0	3539	74.5%	0.004
6	11	543.7	418.6	1366.5	11613	77.0%	0.003
7	11	346.6	277.3	920.6	6118	80.0%	0.003
8	13	578.3	493.9	1642.0	9639	85.4%	0.003
9	10	420.6	383.2	1350.0	10726	91.1%	0.003
10	11	328.8	322.5	705.4	3637	98.1%	0.002

Qp/L en fonction de la proportion de fonte, classes sur la proportion de fonte.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. fonte (km)	Qpmoy (m3/jour)	Nombre d'abonnés	Prop. Long. fonte	Qpmoy/L (m3/jour/km)
1	24	804.6	4.1	1937.6	10919	0.5%	0.002
2	8	295.2	18.4	772.3	5988	6.2%	0.003
3	11	450.7	58.4	1508.9	10430	13.0%	0.003
4	13	503.7	104.4	1249.3	9577	20.7%	0.002
5	7	393.0	94.4	1119.9	7575	24.0%	0.003
6	9	337.6	90.7	1427.0	9261	26.9%	0.004
7	11	526.3	164.6	1608.6	13029	31.3%	0.003
8	10	456.8	180.8	3548.5	23148	39.6%	0.008
9	11	231.5	123.6	787.8	7415	53.4%	0.003
10	8	231.9	152.2	851.3	5359	65.6%	0.004

Qp/L en fonction de la proportion de pvc, classes sur Qp/L.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. PVC (km)	Qpmoy (m3/jour)	Nombre d'abonnés	Prop. Long. PVC	Qpmoy/L (m3/jour/km)
1	12	353.2	299.6	281.9	3894	84.8%	0.001
2	11	409.3	320.4	442.4	5986	78.3%	0.001
3	11	354.8	240.1	542.1	7743	67.7%	0.002
4	11	416.7	332.8	739.8	6583	79.9%	0.002
5	11	440.8	305.7	912.3	8198	69.4%	0.002
6	11	293.4	227.6	781.8	5251	77.6%	0.003
7	11	449.0	326.6	1499.4	11210	72.7%	0.003
8	11	513.5	399.2	2159.5	10735	77.7%	0.004
9	11	364.4	216.3	1964.0	10910	59.4%	0.005
10	12	636.2	422.8	5487.9	32191	66.5%	0.009

Qp/L en fonction de la proportion de fonte, classes sur Qp/L.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. fonte (km)	Qpmoy (m3/jour)	Nombre d'abonnés	Prop. Long. fonte	Qpmoy/L (m3/jour/km)
1	12	353.2	37.0	281.9	3894	10.5%	0.001
2	11	409.3	74.0	442.4	5986	18.1%	0.001
3	11	354.8	105.2	542.1	7743	29.6%	0.002
4	11	416.7	76.4	739.8	6583	18.3%	0.002
5	11	440.8	115.1	912.3	8198	26.1%	0.002
6	11	293.4	38.2	781.8	5251	13.0%	0.003
7	11	449.0	112.0	1499.4	11210	24.9%	0.003
8	11	513.5	91.8	2159.5	10735	17.9%	0.004
9	11	364.4	134.0	1964.0	10910	36.8%	0.005
10	12	636.2	208.0	5487.9	32191	32.7%	0.009

Qp/L en fonction de la proportion de rural, classes sur la proportion de rural.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. rurale (km)	Qpmoy (m3/jour)	Prop. Long. rurale	Qpmoy/L (m3/jour/km)
1	9	345.9	75.3	3141.0	21.8%	0.009
2	8	283.8	127.5	1885.8	44.9%	0.007
3	8	307.0	189.9	1374.5	61.9%	0.004
4	9	364.7	262.9	1309.9	72.1%	0.004
5	8	307.4	248.2	1009.4	80.7%	0.003
6	8	297.4	251.1	594.1	84.4%	0.002
7	12	568.9	514.6	1455.8	90.5%	0.003
8	5	294.7	279.1	910.1	94.7%	0.003
9	12	450.4	438.1	1221.3	97.3%	0.003
10	33	1011.2	1010.5	1909.3	99.9%	0.002

Qp/L en fonction de la proportion d'urbain, classes sur la proportion d'urbain.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. urbaine (km)	Qpmoy (m3/jour)	Prop. Long. urbaine	Qpmoy/L (m3/jour/km)
1	38	1204.7	4.4	2447.1	0.4%	0.002
2	7	256.8	8.5	683.4	3.3%	0.003
3	9	539.9	32.5	1570.0	6.0%	0.003
4	8	323.7	37.4	795.9	11.6%	0.002
5	8	297.4	46.3	594.1	15.6%	0.002
6	8	307.4	59.3	1009.4	19.3%	0.003
7	9	364.7	101.8	1309.9	27.9%	0.004
8	8	307.0	117.1	1374.5	38.1%	0.004
9	8	283.8	156.3	1885.8	55.1%	0.007
10	9	345.9	270.6	3141.0	78.2%	0.009

Qp/L en fonction de la proportion de rural, classes sur Qp/L.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. rurale (km)	Qpmoy (m3/jour)	Prop. Long. rurale	Qpmoy/L (m3/jour/km)
1	12	353.2	345.2	281.9	97.7%	0.001
2	11	409.3	375.7	442.4	91.8%	0.001
3	11	354.8	301.0	542.1	84.8%	0.002
4	11	416.7	374.2	739.8	89.8%	0.002
5	11	440.8	389.6	912.3	88.4%	0.002
6	11	293.4	260.6	781.8	88.8%	0.003
7	11	449.0	387.1	1499.4	86.2%	0.003
8	11	513.5	440.0	2159.5	85.7%	0.004
9	11	364.4	278.0	1964.0	76.3%	0.005
10	12	636.2	245.7	5487.9	38.6%	0.009

Qp/L en fonction de la proportion d'urbain, classes sur Qp/L.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. urbaine (km)	Qpmoy (m3/jour)	Prop. Long. urbaine	Qpmoy/L (m3/jour/km)
1	12	353.2	8.0	281.9	2.3%	0.001
2	11	409.3	33.6	442.4	8.2%	0.001
3	11	354.8	53.9	542.1	15.2%	0.002
4	11	416.7	42.5	739.8	10.2%	0.002
5	11	440.8	51.2	912.3	11.6%	0.002
6	11	293.4	32.8	781.8	11.2%	0.003
7	11	449.0	61.9	1499.4	13.8%	0.003
8	11	513.5	73.4	2159.5	14.3%	0.004
9	11	364.4	86.4	1964.0	23.7%	0.005
10	12	636.2	390.6	5487.9	61.4%	0.009

Taux de casses en fonction de Qp/L, classes sur Qp/L.

Année	Classe	Nombre de secteurs	Nombre d'interventions	Longueur totale (km)	Taux de casses (nb/km)	Débit de pertes (m3/jour)	Nombre d'abonnés	Débit de pertes par linéaire (m3/jour/L)
4 ans, nb. sect. constant	1	44	103	1661.5	0.062	1482.80	21376	0.00
4 ans, nb. sect. constant	2	48	176	2053.6	0.086	3000.08	43064	0.00
4 ans, nb. sect. constant	3	56	207	1880.4	0.110	3948.15	40708	0.00
4 ans, nb. sect. constant	4	40	238	1630.8	0.146	5730.57	40400	0.00
4 ans, nb. sect. constant	5	32	239	1312.9	0.182	9135.73	51636	0.01
4 ans, nb. sect. variable	1	60	125	2038.6	0.061	1838.92	24101	0.00
4 ans, nb. sect. variable	2	56	199	2205.8	0.090	3214.19	44559	0.00
4 ans, nb. sect. variable	3	64	236	2216.2	0.106	4603.23	44724	0.00
4 ans, nb. sect. variable	4	55	309	2129.0	0.145	7560.96	46849	0.00
4 ans, nb. sect. variable	5	55	398	2704.8	0.147	20350.94	121497	0.01
2016	1	12	33	442.5	0.075	392.69	5626	0.00
2016	2	12	45	513.4	0.088	750.02	10766	0.00
2016	3	14	56	470.1	0.119	987.04	10177	0.00
2016	4	10	62	407.7	0.152	1432.64	10100	0.00
2016	5	14	99	740.5	0.134	5743.09	35215	0.01
2017	1	16	26	532.2	0.049	481.47	6164	0.00
2017	2	14	72	551.9	0.130	802.18	11045	0.00
2017	3	16	64	550.4	0.116	1147.72	11271	0.00
2017	4	14	88	485.1	0.181	1700.56	11173	0.00
2017	5	9	95	357.0	0.266	2454.00	13593	0.01
2018	1	15	31	505.1	0.061	459.48	5882	0.00
2018	2	14	48	551.9	0.087	802.18	11045	0.00
2018	3	17	50	597.8	0.084	1234.24	11638	0.00
2018	4	15	51	614.9	0.083	2204.57	12748	0.00
2018	5	15	83	784.1	0.106	5962.80	35708	0.01
2019	1	17	35	558.9	0.063	505.29	6429	0.00
2019	2	16	34	588.5	0.058	859.82	11703	0.00
2019	3	17	66	597.8	0.110	1234.24	11638	0.00
2019	4	16	108	621.3	0.174	2223.18	12828	0.00
2019	5	17	121	823.2	0.147	6191.05	36981	0.01

9.26.2. Débit de pertes par abonné

Qp/L en fonction de la proportion de pvc, classes sur la proportion de pvc.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. PVC (km)	Qpmoy (m3/jour)	Nombre d'abonnés	Prop. Long. PVC	Qpmoy/N (m3/jour/abonné)
1	12	287.0	75.6	976.4	7062	26.3%	0.138
2	11	327.6	159.3	1605.1	13182	48.6%	0.122
3	13	622.0	400.5	3439.9	22358	64.4%	0.154
4	14	576.3	411.0	2103.3	14827	71.3%	0.142
5	6	200.5	149.3	702.0	3539	74.5%	0.198
6	11	543.7	418.6	1366.5	11613	77.0%	0.118
7	11	346.6	277.3	920.6	6118	80.0%	0.150
8	13	578.3	493.9	1642.0	9639	85.4%	0.170
9	10	420.6	383.2	1350.0	10726	91.1%	0.126
10	11	328.8	322.5	705.4	3637	98.1%	0.194

Qp/L en fonction de la proportion de fonte, classes sur la proportion de fonte.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. fonte (km)	Qpmoy (m3/jour)	Nombre d'abonnés	Prop. Long. fonte	Qpmoy/N (m3/jour/abonné)
1	24	804.6	4.1	1937.6	10919	0.5%	0.177
2	8	295.2	18.4	772.3	5988	6.2%	0.129
3	11	450.7	58.4	1508.9	10430	13.0%	0.145
4	13	503.7	104.4	1249.3	9577	20.7%	0.130
5	7	393.0	94.4	1119.9	7575	24.0%	0.148
6	9	337.6	90.7	1427.0	9261	26.9%	0.154
7	11	526.3	164.6	1608.6	13029	31.3%	0.123
8	10	456.8	180.8	3548.5	23148	39.6%	0.153
9	11	231.5	123.6	787.8	7415	53.4%	0.106
10	8	231.9	152.2	851.3	5359	65.6%	0.159

Qp/L en fonction de la proportion de pvc, classes sur Qp/L.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. PVC (km)	Qpmoy (m3/jour)	Nombre d'abonnés	Prop. Long. PVC	Qpmoy/N (m3/jour/abonné)
1	12	313.9	244.6	372.6	7933	77.9%	0.047
2	11	394.1	284.7	622.7	9244	72.2%	0.067
3	11	468.7	338.5	679.9	8044	72.2%	0.085
4	11	398.8	280.4	1045.0	9930	70.3%	0.105
5	11	380.3	296.4	823.9	6626	77.9%	0.124
6	11	411.0	286.9	1747.8	13015	69.8%	0.134
7	11	485.1	322.6	3357.1	21750	66.5%	0.154
8	11	516.9	365.9	2681.4	13696	70.8%	0.196
9	11	342.1	263.3	1428.1	6169	77.0%	0.231
10	12	520.3	407.7	2052.6	6294	78.4%	0.326

Qp/L en fonction de la proportion de fonte, classes sur Qp/L.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. fonte (km)	Qpmoy (m3/jour)	Nombre d'abonnés	Prop. Long. fonte	Qpmoy/N (m3/jour/abonné)
1	12	313.9	67.1	372.6	7933	21.4%	0.047
2	11	394.1	100.5	622.7	9244	25.5%	0.067
3	11	468.7	118.9	679.9	8044	25.4%	0.085
4	11	398.8	106.8	1045.0	9930	26.8%	0.105
5	11	380.3	61.0	823.9	6626	16.0%	0.124
6	11	411.0	107.3	1747.8	13015	26.1%	0.134
7	11	485.1	156.8	3357.1	21750	32.3%	0.154
8	11	516.9	137.4	2681.4	13696	26.6%	0.196
9	11	342.1	56.2	1428.1	6169	16.4%	0.231
10	12	520.3	79.8	2052.6	6294	15.3%	0.326

Qp/L en fonction de la proportion de rural, classes sur la proportion de rural.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. rurale (km)	Qpmoy (m3/jour)	Prop. Long. rurale	Qpmoy/N (m3/jour/abonné)
1	9	345.9	75.3	3141.0	21.8%	0.139
2	8	283.8	127.5	1885.8	44.9%	0.159
3	8	307.0	189.9	1374.5	61.9%	0.146
4	9	364.7	262.9	1309.9	72.1%	0.137
5	8	307.4	248.2	1009.4	80.7%	0.132
6	8	297.4	251.1	594.1	84.4%	0.087
7	12	568.9	514.6	1455.8	90.5%	0.142
8	5	294.7	279.1	910.1	94.7%	0.152
9	12	450.4	438.1	1221.3	97.3%	0.172
10	33	1011.2	1010.5	1909.3	99.9%	0.166

Qp/L en fonction de la proportion d'urbain, classes sur la proportion d'urbain.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. urbaine (km)	Qpmoy (m3/jour)	Prop. Long. urbaine	Qpmoy/N (m3/jour/abonné)
1	38	1204.7	4.4	2447.1	0.4%	0.171
2	7	256.8	8.5	683.4	3.3%	0.159
3	9	539.9	32.5	1570.0	6.0%	0.162
4	8	323.7	37.4	795.9	11.6%	0.122
5	8	297.4	46.3	594.1	15.6%	0.087
6	8	307.4	59.3	1009.4	19.3%	0.132
7	9	364.7	101.8	1309.9	27.9%	0.137
8	8	307.0	117.1	1374.5	38.1%	0.146
9	8	283.8	156.3	1885.8	55.1%	0.159
10	9	345.9	270.6	3141.0	78.2%	0.139

Qp/L en fonction de la proportion de rural, classes sur Qp/L.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. rurale (km)	Qpmoy (m3/jour)	Prop. Long. rurale	Qpmoy/N (m3/jour/abonné)
1	12	313.9	239.9	372.6	76.4%	0.047
2	11	394.1	321.6	622.7	81.6%	0.067
3	11	468.7	428.6	679.9	91.4%	0.085
4	11	398.8	334.9	1045.0	84.0%	0.105
5	11	380.3	344.3	823.9	90.5%	0.124
6	11	411.0	278.0	1747.8	67.6%	0.134
7	11	485.1	265.2	3357.1	54.7%	0.154
8	11	516.9	412.3	2681.4	79.8%	0.196
9	11	342.1	281.7	1428.1	82.3%	0.231
10	12	520.3	490.6	2052.6	94.3%	0.326

Qp/L en fonction de la proportion d'urbain, classes sur Qp/L.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. urbaine (km)	Qpmoy (m3/jour)	Prop. Long. urbaine	Qpmoy/N (m3/jour/abonné)
1	12	313.9	74.0	372.6	23.6%	0.047
2	11	394.1	72.6	622.7	18.4%	0.067
3	11	468.7	40.2	679.9	8.6%	0.085
4	11	398.8	63.9	1045.0	16.0%	0.105
5	11	380.3	36.0	823.9	9.5%	0.124
6	11	411.0	133.0	1747.8	32.4%	0.134
7	11	485.1	219.9	3357.1	45.3%	0.154
8	11	516.9	104.6	2681.4	20.2%	0.196
9	11	342.1	60.5	1428.1	17.7%	0.231
10	12	520.3	29.6	2052.6	5.7%	0.326

Qp/N en fonction du taux de casses, classes sur Qp/N.

Année	Classe	Nombre de secteurs	Nombre d'interventions	Longueur totale (km)	Taux de casses (nb/km)	Débit de pertes (m3/jour)	Nombre d'abonnés	Débit de pertes par abonnés (m3/jour/N)
4 ans, nb. sect. constant	1	64	176	2262.3	0.078	2875.12	50868	0.06
4 ans, nb. sect. constant	2	52	227	2347.5	0.097	4274.36	47400	0.09
4 ans, nb. sect. constant	3	48	151	1504.0	0.100	3160.62	25756	0.12
4 ans, nb. sect. constant	4	36	287	1443.3	0.199	8400.96	52156	0.16
4 ans, nb. sect. constant	5	20	122	982.3	0.124	4586.28	21004	0.22
4 ans, nb. sect. variable	1	65	177	2270.5	0.078	2885.99	51107	0.06
4 ans, nb. sect. variable	2	57	234	2465.9	0.095	4422.34	49100	0.09
4 ans, nb. sect. variable	3	61	203	2024.4	0.100	5887.84	46602	0.13
4 ans, nb. sect. variable	4	57	411	2546.4	0.161	15581.12	97804	0.16
4 ans, nb. sect. variable	5	50	242	1987.1	0.122	8790.96	37117	0.24
2016	1	16	50	565.6	0.088	718.78	12717	0.06
2016	2	14	72	614.0	0.117	1090.58	12132	0.09
2016	3	13	41	456.2	0.090	1559.47	12314	0.13
2016	4	13	99	646.8	0.153	4381.01	27559	0.16
2016	5	6	33	291.6	0.113	1555.64	7162	0.22
2017	1	16	58	565.6	0.103	718.78	12717	0.06
2017	2	14	62	614.0	0.101	1090.58	12132	0.09
2017	3	15	55	459.8	0.120	914.32	7373	0.12
2017	4	12	112	442.5	0.253	2212.86	13735	0.16
2017	5	12	58	394.8	0.147	1649.39	7289	0.23
2018	1	16	35	565.6	0.062	718.78	12717	0.06
2018	2	13	47	586.9	0.080	1068.59	11850	0.09
2018	3	16	52	540.0	0.096	1683.64	13248	0.13
2018	4	16	93	728.5	0.128	4493.63	28255	0.16
2018	5	15	36	632.8	0.057	2698.62	10951	0.25
2019	1	17	34	573.8	0.059	729.65	12956	0.06
2019	2	16	53	651.1	0.081	1172.59	12986	0.09
2019	3	17	55	568.4	0.097	1730.41	13667	0.13
2019	4	16	107	728.5	0.147	4493.63	28255	0.16
2019	5	17	115	667.9	0.172	2887.30	11715	0.25

Qp/N en fonction du taux de casses, classes sur les taux de casses.

Année	Classe	Nombre de secteurs	Nombre d'interventions	Longueur totale (km)	Taux de casses (nb/km)	Débit de pertes (m3/jour)	Nombre d'abonnés	Débit de pertes par abonnés (m3/jour/N)
4 ans, nb. sect. constant	1	44	45	1654.1	0.027	1875.18	28344	0.07
4 ans, nb. sect. constant	2	40	111	1788.9	0.062	4512.48	40608	0.11
4 ans, nb. sect. constant	3	52	200	2011.3	0.099	4558.91	44608	0.10
4 ans, nb. sect. constant	4	36	221	1528.7	0.145	5027.97	33936	0.15
4 ans, nb. sect. constant	5	48	386	1556.3	0.248	7322.81	49688	0.15
4 ans, nb. sect. variable	1	61	59	2163.6	0.027	2725.62	33743	0.08
4 ans, nb. sect. variable	2	57	150	2491.8	0.060	8438.15	63521	0.13
4 ans, nb. sect. variable	3	60	261	2551.7	0.102	9874.78	82606	0.12
4 ans, nb. sect. variable	4	52	326	2194.8	0.149	8182.64	47112	0.17
4 ans, nb. sect. variable	5	60	471	1892.4	0.249	8347.06	54748	0.15
2016	1	12	3	440.6	0.007	490.79	7368	0.07
2016	2	13	45	604.7	0.074	2285.14	17226	0.13
2016	3	15	62	676.8	0.092	2888.67	23542	0.12
2016	4	10	83	463.0	0.179	1810.19	11326	0.16
2016	5	12	102	389.1	0.262	1830.70	12422	0.15
2017	1	16	17	551.8	0.031	694.59	8641	0.08
2017	2	12	36	489.2	0.074	1178.37	10399	0.11
2017	3	13	67	502.8	0.133	1139.73	11152	0.10
2017	4	12	64	431.6	0.148	1360.02	8857	0.15
2017	5	16	161	501.2	0.321	2213.22	14197	0.16
2018	1	16	24	572.0	0.042	759.12	8726	0.09
2018	2	16	38	698.9	0.054	2487.32	17948	0.14
2018	3	15	61	676.8	0.090	2888.67	23542	0.12
2018	4	14	51	633.5	0.080	2485.00	13292	0.19
2018	5	15	89	472.5	0.188	2043.15	13513	0.15
2019	1	17	15	599.1	0.025	781.11	9008	0.09
2019	2	16	31	698.9	0.044	2487.32	17948	0.14
2019	3	17	71	695.4	0.102	2957.72	24370	0.12
2019	4	16	128	666.7	0.192	2527.43	13637	0.19
2019	5	17	119	529.6	0.225	2259.99	14616	0.15

Qp/N en fonction du TCN10, classes sur Qp/N.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. renouvelée sur 10 ans (km)	Qpmoy (m3/jour)	Nombre d'abonnés	Taux de renouvellement sur 10 ans (%)	Qpmoy/N (m3/jour/abonné)
1	12	313.9	34.3	372.6	7933	10.9%	0.047
2	11	394.1	26.6	622.7	9244	6.7%	0.067
3	11	468.7	34.4	679.9	8044	7.3%	0.085
4	11	398.8	24.2	1045.0	9930	6.1%	0.105
5	11	380.3	19.6	823.9	6626	5.2%	0.124
6	11	411.0	35.8	1747.8	13015	8.7%	0.134
7	11	485.1	61.2	3357.1	21750	12.6%	0.154
8	11	516.9	50.4	2681.4	13696	9.8%	0.196
9	11	342.1	21.5	1428.1	6169	6.3%	0.231
10	12	520.3	19.7	2052.6	6294	3.8%	0.326

Qp/N en fonction du TCN10, classes sur le TCN10.

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. renouvelée sur 10 ans (km)	Qpmoy (m3/jour)	Nombre d'abonnés	Taux de renouvellement sur 10 ans (%)	Qpmoy/N (m3/jour/abonné)
1	12	351.0	0.6	1056.9	5667	0.2%	0.186
2	11	345.7	3.7	546.9	3605	1.1%	0.152
3	11	443.7	10.6	1111.4	6979	2.4%	0.159
4	11	541.7	20.7	1686.9	10430	3.8%	0.162
5	11	505.7	28.2	1382.3	9856	5.6%	0.140
6	11	406.8	28.8	869.2	7793	7.1%	0.112
7	11	281.3	24.8	1000.8	6981	8.8%	0.143
8	11	453.8	50.1	1547.6	12039	11.0%	0.129
9	11	390.1	54.3	2853.7	21556	13.9%	0.132
10	12	511.5	105.8	2755.5	17795	20.7%	0.155

9.26.3. Taux de casses

Taux de casses en fonction de la proportion de PVC.

Année	Classe	Nombre de secteurs	Nombre d'interventions	Longueur totale (km)	Taux de casses (nb/km)	Longueur de PVC (km)	Proportion de PVC
4 ans, nb. sect. constant	1	48	219	1241.4	0.176	372.5	0.300
4 ans, nb. sect. constant	2	44	228	1942.7	0.117	1195.9	0.616
4 ans, nb. sect. constant	3	68	397	3212.0	0.124	2357.4	0.734
4 ans, nb. sect. constant	4	48	153	1644.0	0.093	1317.1	0.801
4 ans, nb. sect. constant	5	52	101	2029.6	0.050	1860.9	0.917
4 ans, nb. sect. variable	1	62	325	1559.5	0.208	456.8	0.293
4 ans, nb. sect. variable	2	75	404	3549.5	0.114	2135.9	0.602
4 ans, nb. sect. variable	3	80	466	3789.7	0.123	2770.6	0.731
4 ans, nb. sect. variable	4	64	235	2245.4	0.105	1804.2	0.804
4 ans, nb. sect. variable	5	77	151	2643.4	0.057	2442.7	0.924
2016	1	13	62	324.5	0.191	97.8	0.301
2016	2	17	91	908.9	0.100	548.4	0.603
2016	3	19	130	941.0	0.138	687.1	0.730
2016	4	12	41	411.0	0.100	329.3	0.801
2016	5	14	19	534.5	0.036	489.7	0.916
2017	1	19	148	523.5	0.283	150.9	0.288
2017	2	18	122	690.7	0.177	408.9	0.592
2017	3	19	117	857.6	0.136	629.3	0.734
2017	4	17	62	547.7	0.113	436.7	0.797
2017	5	20	35	651.4	0.054	599.4	0.920
2018	1	13	63	324.5	0.194	97.8	0.301
2018	2	19	81	947.4	0.085	573.3	0.605
2018	3	21	90	995.6	0.090	727.1	0.730
2018	4	17	36	640.1	0.056	516.6	0.807
2018	5	21	47	715.2	0.066	664.5	0.929
2019	1	17	52	387.0	0.134	110.3	0.285
2019	2	21	110	1002.5	0.110	605.4	0.604
2019	3	21	129	995.6	0.130	727.1	0.730
2019	4	18	96	646.6	0.148	521.6	0.807
2019	5	22	50	742.3	0.067	689.1	0.928

Taux de casses en fonction de la proportion de fonte.

Année	Classe	Nombre de secteurs	Nombre d'interventions	Longueur totale (km)	Taux de casses (nb/km)	Longueur de fonte (km)	Proportion de fonte
4 ans, nb. sect. constant	1	36	90	1457.3	0.062	17.5	0.012
4 ans, nb. sect. constant	2	76	215	2727.9	0.079	408.5	0.150
4 ans, nb. sect. constant	3	64	396	3168.8	0.125	856.8	0.270
4 ans, nb. sect. constant	4	44	213	1625.9	0.131	638.8	0.393
4 ans, nb. sect. constant	5	40	184	1089.9	0.169	683.7	0.627
4 ans, nb. sect. variable	1	74	199	2551.3	0.078	17.7	0.007
4 ans, nb. sect. variable	2	91	265	3128.3	0.085	464.9	0.149
4 ans, nb. sect. variable	3	72	448	3620.4	0.124	986.7	0.273
4 ans, nb. sect. variable	4	63	360	2897.5	0.124	1140.6	0.394
4 ans, nb. sect. variable	5	58	309	1589.9	0.194	1001.4	0.630
2016	1	10	28	391.4	0.072	4.4	0.011
2016	2	19	40	682.0	0.059	102.1	0.150
2016	3	18	129	930.1	0.139	253.5	0.273
2016	4	16	91	775.4	0.117	301.4	0.389
2016	5	12	55	341.0	0.161	209.4	0.614
2017	1	19	40	577.6	0.069	4.4	0.008
2017	2	25	78	842.5	0.093	126.8	0.150
2017	3	17	117	803.3	0.146	217.6	0.271
2017	4	14	102	543.0	0.188	223.3	0.411
2017	5	18	147	504.5	0.291	328.5	0.651
2018	1	22	38	777.6	0.049	4.5	0.006
2018	2	23	69	798.7	0.086	117.3	0.147
2018	3	18	76	930.1	0.082	253.5	0.273
2018	4	16	79	775.4	0.102	301.4	0.389
2018	5	12	55	341.0	0.161	209.4	0.614
2019	1	23	93	804.7	0.116	4.5	0.006
2019	2	24	78	805.1	0.097	118.7	0.147
2019	3	19	126	956.8	0.132	262.0	0.274
2019	4	17	88	803.7	0.109	314.4	0.391
2019	5	16	52	403.5	0.129	254.1	0.630

Taux de casses par matériau (collectivité 04).

Année	Nb. int. total	Longueur totale (km)	Taux de casses total (Nb/km)	Nb.				Taux de casses sur conduites pvc (Nb/km)	Taux de casses sur conduites fonte (Nb/km)
				int. pvc	Nb. fonte	L. pvc (km)	L. fonte (km)		
2014	42	575.38	0.07	22	17	351.83	219.52	0.06	0.08
2015	62	575.38	0.11	23	27	351.83	219.52	0.07	0.12
2016	57	575.38	0.10	24	31	351.83	219.52	0.07	0.14
2018	58	575.38	0.10	36	22	351.83	219.52	0.10	0.10
2019	72	575.38	0.13	38	32	351.83	219.52	0.11	0.15

Taux de casses par matériau (collectivité 10).

Année	Nb. int. total	Longueur totale (km)	Taux de casses total (Nb/km)	Nb.				Taux de casses sur conduites pvc (Nb/km)	Taux de casses sur conduites fonte (Nb/km)
				int. pvc	Nb. fonte	L. pvc (km)	L. fonte (km)		
2012	32	237.4	0.13	27	3	179.02	34.86	0.15	0.09
2013	33	237.4	0.14	28	4	179.02	34.86	0.16	0.11
2014	28	237.4	0.12	22	5	179.02	34.86	0.12	0.14
2017	25	237.4	0.11	15	7	179.02	34.86	0.08	0.20
2018	37	237.4	0.16	25	8	179.02	34.86	0.14	0.23
2019	36	237.4	0.15	25	7	179.02	34.86	0.14	0.20

Taux de casses par diamètre (collectivité 04).

Année	Nb. int. total	Longueur totale (km)	Taux de casses total (Nb/km)	Nb.				L.				Taux de casses sur conduites <80 mm (Nb/km)	Taux de casses sur conduites 100 mm (Nb/km)	Taux de casses sur conduites 125-150 mm (Nb/km)	Taux de casses sur conduites >200 mm (Nb/km)
				int. <80 mm	Nb. 100 mm	Nb. 125-150 mm	Nb. >200 mm	L. <80 mm (km)	L. 100 mm (km)	L. 125-150 mm (km)	L. >200 mm (km)				
2014	42	575.38	0.07	22	1	16	3	127.12	132.54	249.59	66.13	0.17	0.01	0.06	0.05
2015	62	575.38	0.11	29	4	22	6	127.12	132.54	249.59	66.13	0.23	0.03	0.09	0.09
2016	57	575.38	0.10	22	6	21	8	127.12	132.54	249.59	66.13	0.17	0.05	0.08	0.12
2018	58	575.38	0.10	27	5	22	4	127.12	132.54	249.59	66.13	0.21	0.04	0.09	0.06
2019	72	575.38	0.13	37	4	23	8	127.12	132.54	249.59	66.13	0.29	0.03	0.09	0.12

Taux de casses par diamètre (collectivité 10).

Année	Nb. int. total	Longueur totale (km)	Taux de casses total (Nb/km)	Nb.			L.			Taux de casses sur conduites <50 mm (Nb/km)	Taux de casses sur conduites 60-80 mm (Nb/km)	Taux de casses sur conduites >100 mm (Nb/km)
				int. <50 mm	Nb. 60-80 mm	Nb. >100 mm	L. <50 mm (km)	L. 60-80 mm (km)	L. >100 mm (km)			
2012	47	323.33	0.15	28	9	10	158.19	64.02	95	0.18	0.14	0.11
2013	49	323.33	0.15	28	11	10	158.19	64.02	95	0.18	0.17	0.11
2014	37	323.33	0.11	17	9	11	158.19	64.02	95	0.11	0.14	0.12
2017	43	323.33	0.13	24	6	13	158.19	64.02	95	0.15	0.09	0.14
2018	57	323.33	0.18	30	8	19	158.19	64.02	95	0.19	0.12	0.20
2019	62	323.33	0.19	31	8	23	158.19	64.02	95	0.20	0.12	0.24

Taux de casses par période de pose (collectivité 04).

Année	Nb. int. total	Longueur totale (km)	Taux de casses total (Nb/km)	Nb.			L.			Taux de casses sur conduites <1965 (Nb/km)	Taux de casses sur conduites 1965-1980 (Nb/km)	Taux de casses sur conduites >1980 (Nb/km)
				int. <1965	Nb. 1965-1980	Nb. >1980	L. <1965 (km)	L. 1965-1980 (km)	L. >1980 (km)			
2014	42	575.38	0.07	12	11	19	229.22	97.03	249.14	0.05	0.11	0.08
2015	62	575.38	0.11	28	3	31	229.22	97.03	249.14	0.12	0.03	0.12
2016	57	575.38	0.10	25	8	24	229.22	97.03	249.14	0.11	0.08	0.10
2018	58	575.38	0.10	20	14	24	229.22	97.03	249.14	0.09	0.14	0.10
2019	72	575.38	0.13	32	14	26	229.22	97.03	249.14	0.14	0.14	0.10

Taux de casses par période de pose (collectivité 10).

Année	Nb. int. total	Longueur totale (km)	Taux de casses total (Nb/km)	Nb. int. <1965	Nb. int. 1965-1970	Nb. int. 1970-1980	Nb. int. >1980	L. <1965 (km)	L. 1965-1970 (km)	L. 1970-1980 (km)	L. >1980 (km)	Taux de casses	Taux de casses	Taux de casses	Taux de casses
												sur conduites <1965 (Nb/km)	sur conduites 1965-1970 (Nb/km)	sur conduites 1970-1980 (Nb/km)	sur conduites >1980 (Nb/km)
2012	47	323.33	0.15	13	7	19	8	43.81	67.52	136.31	54.67	0.30	0.10	0.14	0.15
2013	49	323.33	0.15	15	13	11	10	43.81	67.52	136.31	54.67	0.34	0.19	0.08	0.18
2014	37	323.33	0.11	11	8	12	6	43.81	67.52	136.31	54.67	0.25	0.12	0.09	0.11
2017	43	323.33	0.13	14	13	7	9	43.81	67.52	136.31	54.67	0.32	0.19	0.05	0.16
2018	57	323.33	0.18	17	15	18	7	43.81	67.52	136.31	54.67	0.39	0.22	0.13	0.13
2019	62	323.33	0.19	19	17	9	17	43.81	67.52	136.31	54.67	0.43	0.25	0.07	0.31

Taux de casses en fonction de la proportion de rural.

Année	Classe	Nombre de secteurs	Nombre d'interventions	Longueur totale (km)	Taux de casses (nb/km)	Longueur en zone rurale (km)	Proportion de rural
4 ans, nb. sect. constant	1	28	121	574.1	0.211	198.2	0.345
4 ans, nb. sect. constant	2	52	271	2328.5	0.116	1568.8	0.674
4 ans, nb. sect. constant	3	64	230	2626.8	0.088	2155.5	0.821
4 ans, nb. sect. constant	4	48	236	1996.0	0.118	1879.4	0.942
4 ans, nb. sect. constant	5	68	240	2544.3	0.094	2534.7	0.996
4 ans, nb. sect. variable	1	57	315	2322.0	0.136	727.4	0.313
4 ans, nb. sect. variable	2	61	327	2561.6	0.128	1725.6	0.674
4 ans, nb. sect. variable	3	68	239	2700.2	0.089	2214.0	0.820
4 ans, nb. sect. variable	4	59	312	2552.2	0.122	2401.0	0.941
4 ans, nb. sect. variable	5	113	388	3651.5	0.106	3638.4	0.996
2016	1	16	91	718.9	0.127	223.2	0.311
2016	2	13	72	582.1	0.124	392.2	0.674
2016	3	16	60	656.7	0.091	538.9	0.821
2016	4	12	74	499.0	0.148	469.8	0.942
2016	5	18	46	663.2	0.069	660.8	0.996
2017	1	8	56	154.8	0.362	53.4	0.345
2017	2	17	107	691.3	0.155	466.7	0.675
2017	3	18	80	693.8	0.115	568.6	0.820
2017	4	17	92	710.3	0.130	665.4	0.937
2017	5	33	149	1020.7	0.146	1017.0	0.996
2018	1	16	67	718.9	0.093	223.2	0.311
2018	2	15	54	629.7	0.086	423.9	0.673
2018	3	17	54	674.9	0.080	553.3	0.820
2018	4	15	69	671.5	0.103	632.8	0.942
2018	5	28	73	927.9	0.079	924.4	0.996
2019	1	17	101	729.3	0.138	227.5	0.312
2019	2	16	94	658.5	0.143	442.9	0.673
2019	3	17	45	674.9	0.067	553.3	0.820
2019	4	15	77	671.5	0.115	632.8	0.942
2019	5	34	120	1039.8	0.115	1036.2	0.997

Taux de casses en fonction de la proportion d'urbain.

Année	Classe	Nombre de secteurs	Nombre d'interventions	Longueur totale (km)	Taux de casses (nb/km)	Longueur en zone urbaine (km)	Proportion d'urbain
4 ans, nb. sect. constant	1	80	335	3099.4	0.108	26.3	0.008
4 ans, nb. sect. constant	2	36	141	1440.9	0.098	99.9	0.069
4 ans, nb. sect. constant	3	64	230	2626.8	0.088	471.3	0.179
4 ans, nb. sect. constant	4	52	271	2328.5	0.116	759.7	0.326
4 ans, nb. sect. constant	5	28	121	574.1	0.211	376.0	0.655
4 ans, nb. sect. variable	1	127	496	4293.7	0.116	32.6	0.008
4 ans, nb. sect. variable	2	45	204	1910.1	0.107	131.8	0.069
4 ans, nb. sect. variable	3	68	239	2700.2	0.089	486.2	0.180
4 ans, nb. sect. variable	4	61	327	2561.6	0.128	835.9	0.326
4 ans, nb. sect. variable	5	57	315	2322.0	0.136	1594.6	0.687
2016	1	21	80	802.0	0.100	6.6	0.008
2016	2	9	40	360.2	0.111	25.0	0.069
2016	3	16	60	656.7	0.091	117.8	0.179
2016	4	13	72	582.1	0.124	189.9	0.326
2016	5	16	91	718.9	0.127	495.7	0.689
2017	1	36	179	1159.5	0.154	7.8	0.007
2017	2	14	62	571.5	0.108	40.7	0.071
2017	3	18	80	693.8	0.115	125.2	0.180
2017	4	17	107	691.3	0.155	224.6	0.325
2017	5	8	56	154.8	0.362	101.4	0.655
2018	1	32	95	1110.2	0.086	9.1	0.008
2018	2	11	47	489.2	0.096	33.1	0.068
2018	3	17	54	674.9	0.080	121.6	0.180
2018	4	15	54	629.7	0.086	205.8	0.327
2018	5	16	67	718.9	0.093	495.7	0.689
2019	1	38	142	1222.1	0.116	9.1	0.007
2019	2	11	55	489.2	0.112	33.1	0.068
2019	3	17	45	674.9	0.067	121.6	0.180
2019	4	16	94	658.5	0.143	215.5	0.327
2019	5	17	101	729.3	0.138	501.8	0.688

Taux de casses en fonction de l'urbanisation (collectivité 04).

Année	Nb. int. total	Longueur totale (km)	Taux de casses total (Nb/km)	Nb. int. urbain	Nb. int. rural	L. urbain (km)	L. rural (km)	Taux de casses sur conduites urbaines (Nb/km)	Taux de casses sur conduites rurales (Nb/km)
2014	42	575.38	0.07	34	8	401.69	173.69	0.08	0.05
2015	62	575.38	0.11	50	12	401.69	173.69	0.12	0.07
2016	57	575.38	0.10	49	8	401.69	173.69	0.12	0.05
2018	58	575.38	0.10	46	12	401.69	173.69	0.11	0.07
2019	72	575.38	0.13	55	17	401.69	173.69	0.14	0.10

Taux de casses en fonction de l'urbanisation (collectivité 10).

Année	Nb. int. total	Longueur totale (km)	Taux de casses total (Nb/km)	Nb. int. urbain	Nb. int. rural	L. urbain (km)	L. rural (km)	Taux de casses sur conduites urbaines (Nb/km)	Taux de casses sur conduites rurales (Nb/km)
2012	47	323.33	0.15	12	35	59.12	264.21	0.20	0.13
2013	49	323.33	0.15	14	35	59.12	264.21	0.24	0.13
2014	37	323.33	0.11	5	32	59.12	264.21	0.08	0.12
2017	43	323.33	0.13	12	31	59.12	264.21	0.20	0.12
2018	57	323.33	0.18	14	43	59.12	264.21	0.24	0.16
2019	62	323.33	0.19	22	40	59.12	264.21	0.37	0.15

Taux de casses en fonction de l'aléa argiles (collectivité 04).

Année	Nb. int. total	Longueur totale (km)	Taux de casses total (Nb/km)	Nb. int. alea3	Nb. int. alea2	L. alea3 (km)	L. alea2 (km)	Taux de casses sur conduites alea3 (Nb/km)	Taux de casses sur conduites alea2 (Nb/km)
2014	42	575.38	0.07	32	10	332.95	242.42	0.10	0.04
2015	62	575.38	0.11	40	22	332.95	242.42	0.12	0.09
2016	57	575.38	0.10	36	21	332.95	242.42	0.11	0.09
2018	58	575.38	0.10	32	26	332.95	242.42	0.10	0.11
2019	72	575.38	0.13	46	26	332.95	242.42	0.14	0.11

Taux de casses en fonction de l'aléa argiles (collectivité 10).

Année	Nb. int. total	Longueur totale (km)	Taux de casses total (Nb/km)	Nb. int. alea3	Nb. int. alea2	L. alea3 (km)	L. alea2 (km)	Taux de casses sur conduites alea3 (Nb/km)	Taux de casses sur conduites alea2 (Nb/km)
2012	47	323.33	0.15	34	13	189.01	134.32	0.18	0.10
2013	49	323.33	0.15	31	18	189.01	134.32	0.16	0.13
2014	37	323.33	0.11	27	10	189.01	134.32	0.14	0.07
2017	43	323.33	0.13	28	15	189.01	134.32	0.15	0.11
2018	57	323.33	0.18	37	20	189.01	134.32	0.20	0.15
2019	62	323.33	0.19	37	25	189.01	134.32	0.20	0.19

Taux de casses en fonction de l'urbanisation et du matériau (collectivité 04).

Année	Nb. int. total	Longueur totale (km)	Taux de casses total (Nb/km)	Taux de casses sur fonte		Nb. int. sur pvc		L. fonte		L. pvc		Taux de casses sur conduites fonte urbaine (Nb/km)	Taux de casses sur conduites fonte rurale (Nb/km)	Taux de casses sur conduites pvc urbain (Nb/km)	Taux de casses sur conduites pvc rural (Nb/km)
				urbaine	rurale	urbain	rural	(km)	(km)	urbain	rural	(Nb/km)	(Nb/km)	(Nb/km)	(Nb/km)
2014	42	575.38	0.07	14	3	17	5	146.54	76.78	254.04	98.35	0.10	0.04	0.07	0.05
2015	62	575.38	0.11	22	5	17	6	146.54	76.78	254.04	98.35	0.15	0.07	0.07	0.06
2016	57	575.38	0.10	29	2	18	6	146.54	76.78	254.04	98.35	0.20	0.03	0.07	0.06
2018	58	575.38	0.10	16	6	30	6	146.54	76.78	254.04	98.35	0.11	0.08	0.12	0.06
2019	72	575.38	0.13	24	8	30	8	146.54	76.78	254.04	98.35	0.16	0.10	0.12	0.08

Taux de casses en fonction de l'aléa argiles et du matériau (collectivité 04).

Année	Nb. int. total	Longueur totale (km)	Taux de casses total (Nb/km)	Taux de casses sur fonte		Nb. int. sur pvc		L. fonte		L. pvc		Taux de casses sur conduites fonte alea 3 (Nb/km)	Taux de casses sur conduites fonte alea 2 (Nb/km)	Taux de casses sur conduites pvc alea 3 (Nb/km)	Taux de casses sur conduites pvc alea 2 (Nb/km)
				alea 3	alea 2	alea 3	alea 2	(km)	(km)	(km)	(km)	(Nb/km)	(Nb/km)	(Nb/km)	(Nb/km)
2014	42	575.38	0.07	13	4	18	4	125.8	97.51	208.85	143.55	0.10	0.04	0.09	0.03
2015	62	575.38	0.11	20	7	16	7	125.8	97.51	208.85	143.55	0.16	0.07	0.08	0.05
2016	57	575.38	0.10	19	12	15	9	125.8	97.51	208.85	143.55	0.15	0.12	0.07	0.06
2018	58	575.38	0.10	12	10	20	16	125.8	97.51	208.85	143.55	0.10	0.10	0.10	0.11
2019	72	575.38	0.13	21	11	25	13	125.8	97.51	208.85	143.55	0.17	0.11	0.12	0.09

9.26.4. TCN10

TCN10 – Proportion de PVC, classes sur la proportion de PVC

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. pvc (km)	Long. Conduites Neuves sur 10 ans (km)	Prop. L. pvc (%)	TCN10
1	15	442.5	117.7	19.3	26.60%	0.044
2	16	270.3	113.1	29.6	41.84%	0.110
3	13	556.3	302.9	56.4	54.44%	0.101
4	14	659.6	436.0	68.5	66.10%	0.104
5	17	722.7	515.9	74.4	71.39%	0.103
6	13	615.2	465.0	52.9	75.59%	0.086
7	15	541.5	428.1	38.7	79.06%	0.071
8	16	654.8	555.8	30.4	84.89%	0.046
9	11	452.2	408.0	26.3	90.24%	0.058
10	15	483.4	470.6	14.8	97.36%	0.031

TCN10 – Proportion de fonte, classes sur la proportion de fonte

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. fonte (km)	Long. Conduites Neuves sur 10 ans (km)	Prop. L. fonte (%)	TCN10
1	29	956.5	5.3	31.9	0.55%	0.033
2	12	484.5	37.2	29.1	7.68%	0.060
3	13	529.1	81.6	35.5	15.43%	0.067
4	13	470.0	99.8	33.7	21.23%	0.072
5	15	722.0	182.4	70.1	25.26%	0.097
6	12	505.6	152.2	62.3	30.10%	0.123
7	12	594.6	204.3	63.7	34.35%	0.107
8	13	498.5	228.0	41.5	45.73%	0.083
9	14	270.4	152.4	29.0	56.34%	0.107
10	12	367.1	251.5	14.7	68.49%	0.040

TCN10 – Proportion de rural, classes sur la proportion de rural

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. rurale (km)	Long. Conduites Neuves sur 10 ans (km)	Prop. L. rurale (%)	TCN10
1	11	459.5	101.6	63.4	22.11%	0.138
2	11	322.3	129.7	48.2	40.25%	0.150
3	12	450.4	266.1	54.0	59.10%	0.120
4	11	471.0	333.2	44.8	70.76%	0.095
5	11	416.8	331.3	49.6	79.49%	0.119
6	10	368.0	308.9	33.1	83.94%	0.090
7	10	377.7	335.2	17.9	88.75%	0.047
8	11	652.2	612.8	25.0	93.97%	0.038
9	12	450.4	438.1	19.4	97.28%	0.043
10	46	1430.1	1429.4	56.0	99.95%	0.039

TCN10 – Proportion d'urbain, classes sur la proportion d'urbain

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. urbaine (km)	Long. Conduites Neuves sur 10 ans (km)	Prop. L. urbaine (%)	TCN10
1	51	1623.7	4.5	66.9	0.28%	0.041
2	7	256.8	8.5	8.5	3.33%	0.033
3	11	652.2	39.4	25.0	6.03%	0.038
4	14	538.8	66.7	31.7	12.37%	0.059
5	9	321.9	56.6	27.0	17.59%	0.084
6	12	462.4	105.5	61.8	22.81%	0.134
7	9	388.4	123.7	36.3	31.84%	0.093
8	10	372.3	156.6	42.6	42.06%	0.114
9	11	322.3	192.6	48.2	59.75%	0.150
10	11	459.5	357.9	63.4	77.89%	0.138

TCN10 – Proportion de PVC, classes sur la proportion de PVC, sur les secteurs ruraux uniquement

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. PVC (km)	Long. Conduites Neuves sur 10 ans (km)	Prop. Long. PVC	TCN10
1	10	334.4	87.3	8.6	26.1%	0.026
2	9	170.8	72.3	9.4	42.3%	0.055
3	10	409.9	244.9	21.1	59.7%	0.052
4	11	439.5	314.2	31.8	71.5%	0.072
5	7	345.1	260.6	24.5	75.5%	0.071
6	10	373.6	294.8	17.1	78.9%	0.046
7	7	307.1	255.9	13.4	83.3%	0.044
8	10	435.0	380.1	14.0	87.4%	0.032
9	8	268.1	249.2	11.2	92.9%	0.042
10	10	310.1	306.7	8.0	98.9%	0.026

TCN10 – proportion de fonte, classes sur la proportion de fonte, sur les secteurs ruraux uniquement

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. fonte (km)	Long. Conduites Neuves sur 10 ans (km)	Prop. Long. fonte	TCN10
1	30	995.1	15.0	34.2	1.5%	0.034
2	3	153.6	17.5	3.5	11.4%	0.023
3	9	393.5	60.8	20.6	15.5%	0.052
4	8	288.9	60.9	9.6	21.1%	0.033
5	5	312.1	74.7	22.8	23.9%	0.073
6	8	310.3	86.6	26.1	27.9%	0.084
7	7	267.9	87.6	13.6	32.7%	0.051
8	8	271.7	129.9	16.6	47.8%	0.061
9	6	159.5	94.3	4.2	59.1%	0.026
10	8	240.8	168.8	7.9	70.1%	0.033

TCN10 – Proportion de rural, classes sur la proportion de rural, sur les secteurs riches en PVC uniquement

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. rurale (km)	Long. Conduites Neuves sur 10 ans (km)	Prop. Long. rurale	TCN10
1	6	253.2	113.6	37.3	44.9%	0.147
2	5	218.0	136.3	16.9	62.5%	0.077
3	5	233.1	160.4	19.7	68.8%	0.084
4	5	165.5	123.6	23.2	74.7%	0.140
5	7	269.9	221.9	24.7	82.2%	0.092
6	4	161.1	136.9	13.8	85.0%	0.086
7	7	330.6	304.4	13.1	92.1%	0.040
8	4	255.8	242.1	7.2	94.6%	0.028
9	7	270.8	263.6	13.0	97.4%	0.048
10	31	1046.9	1046.6	36.4	100.0%	0.035

TCN10 – Proportion d'urbain, classes sur la proportion d'urbain, sur les secteurs riches en PVC uniquement

Classe	Nombre de secteurs	Long. (km)	Long. urbaine (km)	Long. Conduites Neuves sur 10 ans (km)	Prop. Long. urbaine	TCN10
1	35	1212.2	3.7	44.7	0.3%	0.037
2	5	274.2	12.7	8.0	4.6%	0.029
3	5	265.3	17.2	11.3	6.5%	0.043
4	4	152.4	13.9	5.6	9.1%	0.037
5	6	246.5	37.5	20.6	15.2%	0.083
6	5	184.5	34.7	18.0	18.8%	0.097
7	5	165.5	41.9	23.2	25.3%	0.140
8	5	233.1	72.7	19.7	31.2%	0.084
9	5	218.0	81.8	16.9	37.5%	0.077
10	6	253.2	139.6	37.3	55.1%	0.147

**Institut national de recherche
pour l'agriculture, l'alimentation
et l'environnement (INRAE)**

147 rue de l'Université
75338 Paris Cedex 07

01 42 75 90 00

www.inrae.fr

Office français de la biodiversité (OFB)

12, cours Lumière
94300 Vincennes

01 45 14 36 00

www.ofb.gouv.fr