

**SANTÉ
ENVIRONNEMENT**

SEPTEMBRE 2018

ÉTUDES ET ENQUÊTES

**DÉTECTION D'ÉPIDÉMIES DE
GASTRO-ENTÉRITE AIGUË MÉDICALISÉE
D'ORIGINE HYDRIQUE**

Étude pilote concernant 7 départements de 7 régions françaises

Synthèse

Détection d'épidémies de gastro-entérite aiguë médicalisée d'origine hydrique Étude pilote concernant 7 départements de 7 régions françaises

L'introduction accidentelle d'agents pathogènes dans les eaux destinées à la consommation humaine peut être à l'origine d'épidémies de gastro-entérites aiguës (GEA) dans les pays développés. En France, plusieurs épidémies de GEA d'origine hydrique sont signalées chaque année aux autorités sanitaires par les professionnels de santé, les exploitants ou les laboratoires chargés du contrôle sanitaire. Ces événements restent très peu détectés tant que le repérage des épidémies repose sur le signalement des acteurs de terrain.

Dans ce contexte, Santé publique France mène depuis plusieurs années des travaux pour améliorer la détection des épidémies d'origine hydrique. Ces travaux reposent sur l'utilisation des données de remboursements de l'Assurance maladie (AM) et des données de la base nationale gérée par le ministère chargé de la santé « Système d'Information en santé-environnement sur les eaux d'alimentation » (SISE-Eaux). Une étude pilote a été réalisée dans 7 régions (1 département par région) pour les années 2014-2015. Son objectif principal était de tester un dispositif de surveillance des épidémies de GEA hydrique sur le terrain, avec les acteurs concernés. Il s'agissait en particulier de détecter des cas groupés de GEA médicalisés (ou agrégats de GEAm) liés à l'ingestion d'eau du robinet et de tester la mise en place d'investigations environnementales pour identifier les circonstances de survenue d'une pollution accidentelle et conforter l'origine hydrique des agrégats détectés.

L'indicateur sanitaire utilisé était le nombre quotidien de cas de GEAm identifiés à partir des données de l'AM. Une méthode de détection spatio-temporelle des agrégats de cas de GEAm partageant un même réseau d'eau potable (ou unité de distribution d'eau – UDI ; informations SISE-Eaux) a été ensuite appliquée. Les analyses statistiques ont été réalisées par département pour les années 2014-2015. Parmi l'ensemble des agrégats détectés, seuls ceux répondant à des critères épidémiologiques prédéfinis ont été retenus pour déclencher des investigations environnementales (durée du signal entre 3 et 28 jours, nombre de cas en excès ≥ 10 , rapport entre le nombre de cas observés et le nombre de cas attendus $> 1,5$ et valeur- $p < 0,05$). La plausibilité hydrique des agrégats détectés a été évaluée en utilisant les informations des enquêtes environnementales. Quatre niveaux ont été définis : plausibilité forte, probable ou possible et origine indéterminée.

Soixante-sept agrégats de cas de GEA partageant les mêmes UDI ont été détectés en 2014 et 2015 dans les 7 départements de l'étude. Leur plausibilité hydrique a été investiguée à l'exception d'un agrégat associé à une origine alimentaire. L'ensemble des UDI impliquées dans un agrégat desservait un total de 914 599 habitants. Le nombre d'agrégats par département allait de 2 (Hautes-Alpes) à 14 (Maine-et-Loire et Gironde). L'excès de cas médian des agrégats détectés s'élevait à 27 cas de GEAm. Le risque relatif médian était de 2,6 et la durée médiane des agrégats était de 12 jours. La moitié des investigations environnementales ont permis d'identifier un événement ayant pu entraîner une pollution accidentelle des réseaux d'eau, avec un classement de la plausibilité hydrique de l'agrégat en probable ou fort (25% des agrégats ; $n=16$) et possible (25% des agrégats ; $n=17$). Des agrégats répétés sur une même UDI (de 2 à 6 agrégats par UDI) ont également été identifiés (3 UDI desservant de 4 à 34 communes). Les 2 épidémies d'origine hydrique ayant fait l'objet d'un signalement aux autorités sanitaires au moment de leur survenue ont bien été détectées par ce système.

Dans un contexte de sous-déclaration des épidémies de GEA d'origine hydrique, les résultats de cette étude pilote soulignent l'intérêt d'utiliser une méthode innovante de surveillance fondée sur la détection spatio-temporelle d'agrégats de cas de GEAm partageant une même

UDI, à partir de données recueillies en routine par l'AM et de données présentes dans SISE-Eaux. Les investigations environnementales à mener sur les réseaux d'eau impliqués vont permettre d'identifier les circonstances d'introduction de la pollution dans le réseau d'eau dans un objectif de prévention et de préciser les indicateurs environnementaux pour conforter l'origine hydrique des agrégats de cas. À l'issue de cette étude pilote, il paraît envisageable de classer les épidémies dont l'origine hydrique est suspectée en plausibilité hydrique forte, probable ou possible, en fonction de l'interprétation des données sanitaires et des données environnementales, à l'instar des critères proposés dans cette étude.

En matière de santé publique, bien que le risque épidémique ne représente probablement pas la part la plus importante du risque infectieux lié à l'eau du robinet, le système de surveillance proposé devrait contribuer à réduire le risque infectieux dans son ensemble en améliorant la gestion et la sécurisation des systèmes de production d'eau potable en France. Son usage devrait être intégré dans les plans de gestion de la sécurité sanitaire des eaux (PGSSE).

La mise en place d'un dispositif de surveillance des épidémies hydriques à l'échelle nationale paraît envisageable.

Résumé

Détection d'épidémies de gastro-entérite aiguë médicalisée d'origine hydrique Étude pilote concernant 7 départements de 7 régions françaises

Le dispositif de surveillance des épidémies de gastro-entérites aiguës hydriques développé par Santé publique France a été testé en situation réelle sur 7 départements avec les acteurs concernés. Les épidémies localisées sur une unité de distribution d'eau du robinet (UDI) sont détectées de façon automatisées à partir des données de l'Assurance maladie et de la base SISE-Eaux. Leur origine hydrique est confortée par la réalisation par les agences régionales de santé d'une enquête environnementale sur les UDI concernées. Une méthode a été définie pour classer leur plausibilité hydrique en « forte », « probable », « possible » et « origine indéterminée ».

Ce rapport présente une nouvelle manière de gérer la qualité microbiologique de l'eau du robinet en France. La méthode décuple le taux de détection des épidémies avec 67 épidémies qui partagent une même UDI contre 2 ayant fait l'objet d'un signalement aux autorités sanitaires au moment de leur survenue. La moitié des enquêtes environnementales a permis d'identifier un événement ayant pu entraîner une pollution accidentelle des réseaux d'eau. La plausibilité hydrique a été classée en probable ou forte pour 25 % des épidémies.

À l'issue de cette étude, le déploiement d'un système de surveillance des épidémies hydriques à l'ensemble des départements français est envisageable. Ce système devrait parfaitement s'intégrer dans les objectifs internationaux et nationaux impulsés par l'OMS et visant à compléter une surveillance fondée sur la qualité de l'eau distribuée par un système qualité basé sur l'évaluation et la surveillance des facteurs de risque (plans de gestion et de sécurité sanitaire de l'eau potable).

MOTS CLÉS : SURVEILLANCE SYNDROMIQUE, GASTRO-ENTÉRITE AIGUË MÉDICALISÉE, ÉPIDÉMIE D'ORIGINE HYDRIQUE, DONNÉES ISSUES DE L'ASSURANCE MALADIE, ENQUÊTE ENVIRONNEMENTALE

Citation suggérée : Galey C.; Pouey J; Guillet A; Gorla S et Mouly D. *Détection d'épidémies de gastro-entérites aiguës médicalisée d'origine hydrique. Étude pilote concernant 7 départements de 7 régions françaises.* Saint-Maurice : Santé publique France, 2018. 73 p. Disponible à partir de l'URL : www.santepubliquefrance.fr

ISBN-NET : 979-10-289-0467-8 - RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE —
DÉPÔT LÉGAL : SEPTEMBRE 2018

Abstract

Detection of outbreaks of acute medicalized waterborne gastroenteritis

Pilot study concerning 7 districts in 7 French regions

The surveillance system for monitoring outbreaks of waterborne acute gastroenteritis developed by Santé publique France was tested in real time in 7 districts with the relevant stakeholders. Localized epidemics on a tap water distribution unit (WDU) are detected automatically using data from the Health Insurance and the SISE-Eaux databases. Their waterborne origin is supported by the conduct of an environmental survey on the WDUs concerned by the regional health agencies. A method has been defined for classifying their water plausibility as "strong", "probable", "possible" and "indeterminate origin".

This report presents a new way of managing the microbiological quality of tap water in France. The method increases the detection rate of outbreaks with 67 epidemics sharing the same WDU against 2 reported to the health authorities at the time of their occurrence. Half of the environmental investigations identified an event that may have resulted in accidental pollution of the water systems. Water plausibility was rated as probable or strong for 25% of the outbreaks.

At the end of this study, the scaling up of a surveillance system for waterborne outbreaks to all French districts is possible. This system should be fully integrated with international and national WHO-driven goals to complement water quality monitoring through a quality system based on risk factor assessment and monitoring (water safety plans).

KEY WORDS: SYNDROMIC SURVEILLANCE, MEDICAL ACUTE GASTRO-ENTERITIS, WATERBORNE OUTBREAK, HEALTH INSURANCE DATA, ENVIRONMENTAL SURVEY

Auteurs

Catherine Galey¹ ; Jérôme Pouey² ; Agnès Guillet¹ ; Sarah Gorla¹ et Damien Mouly²

Santé publique France

1 : Direction appui, traitements et analyses des données

2 : Direction des régions, Cire Occitanie

Contributeurs

Tous les membres du groupe de travail « connexion entre la détection d'agrégats de cas et les enquêtes de terrain » qui a porté cette étude :

Agences régionales de santé :

Sandrine Allaire (Région Bourgogne-Franche-Comté, DT 70) ;
Fabrice Dassonville (Région Provence Alpes Côte d'Azur, DT 05) ;
Gisèle Dejean (Région Nouvelle Aquitaine, DT 33) ;
Jean-Claude Denys (Région Océan-Indien, DT La Réunion) ;
Donatien Diulus (Région Occitanie, DT 66) ;
Patrick Peigner (Région Pays de la Loire, DT 49);
Laurence Surrel (Région Auvergne Rhône-Alpes, DT 63);

Santé publique France :

Sandrine Coquet (Direction des régions, Cire Nouvelle Aquitaine) ;
Magali Corso (Direction santé environnement) ;
Jean-Luc Lasalle (Direction des régions, Cire Provence Alpes Côte d'Azur-Corse);
Anne-Hélène Liébert (Direction des régions, Cire Pays de Loire);
Jean-Louis Solet (Direction des régions, Cire Océan indien);
Élodie Terrien (Direction des régions, Cire Bourgogne Franche-Comté) ;
Emmanuelle Vaissière (Direction des régions, Cire Auvergne Rhône Alpes) ;
Yet de Valk (Direction des maladies infectieuses)

Direction générale de la Santé :

Nathalie Franques

Relecteurs externes

P. Beaudeau (Santé publique France, Direction de la prévention et de la promotion de la santé)

G. Lebel (Institut national de santé publique du Québec, Direction de la santé environnementale et de la toxicologie)

Remerciements

Nous remercions Henri Davezac et Lionel Petit, Agence régionale de santé Occitanie – Pôle d'administration des données sur l'eau (PADSE) pour la fourniture de données issues de la base SISE-Eaux.

Abréviations

AEP	Alimentation en eau potable
AM	Assurance maladie
ARS	Agence régionale de santé
Cire	Cellule d'intervention en région de Santé publique France
CS	Contrôle sanitaire
Ehpad	Établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes
GEA	Gastro-entérite aiguë
GEAm	GEA médicalisée, personne atteinte d'une GEA, ayant consulté un médecin et acheté les médicaments prescrits (cas de GEA identifiée à partir de l'exploitation des données de l'Assurance maladie)
Insee	Institut national de la statistique et des études économiques
NC	Non-conformité (paramètre suivi dans le cadre du contrôle sanitaire)
PGSSE	Plan de gestion de la sécurité sanitaire des eaux
PSE	Période supposée d'exposition. Cette période débute 15 jours à 1 mois avant le début de l'agrégat de cas de GEAm, et intègre la durée de l'agrégat.
PX	Percentile X
RR	Risque relatif, rapport entre le nombre de cas de GEAm observés et le nombre de cas de GEAm attendus
SISE-Eaux	Système d'Information en santé-environnement sur les eaux, géré par le ministère chargé de la santé
SIVSS	Système d'Information de veille et sécurité sanitaire
Sniiram	Système national d'information inter-régimes de l'Assurance maladie
Système de production d'eau ou système AEP	Système qui comprend la ressource en eau et son captage, la station de traitement pour la rendre potable, les réservoirs et le réseau de distribution (UDI). AEP pour alimentation en eau potable
TI	Taux d'incidence
Tiac	Toxi-infection alimentaire collective
UDI	Unité de distribution de l'eau (zone géographique disposant d'une qualité d'eau considérée comme homogène)

Sommaire

Abréviations	7
1. CONTEXTE ET OBJECTIF	9
1.1 Problématique	9
1.2 Objectifs.....	10
2. MÉTHODOLOGIE	11
2.1 Période et zone d'étude.....	11
2.2 Sources de données.....	11
2.3 Méthode de constitution des agrégats de cas de GEAm	12
2.4 Analyse descriptive des agrégats de cas	16
2.5 Validation d'une origine hydrique : définition de critères de plausibilité	17
3. RÉSULTATS	19
3.1 Caractéristiques des départements de la zone d'étude. Description des données de la base SISE-Eaux.....	19
3.2 Description des cas de GEAm.....	20
3.3 Description des agrégats de cas de GEAm	25
3.4 Plausibilité d'une origine hydrique	27
3.5 Signaux d'agrégats répétés	31
4. DISCUSSION	33
4.1 Étape 1 : Choix de modélisation et de paramétrage	33
4.2 Étape 2 : Sélection des agrégats pour la recherche d'une plausibilité hydrique.....	35
4.3 Étape 3 : investigations environnementales et évaluation de la plausibilité hydrique	36
4.4 Faisabilité d'une surveillance rétrospective d'épidémies d'origine hydrique France entière	39
5. CONCLUSIONS	43
Annexes	45
Annexe 1. Processus d'automatisation de l'identification des cas groupés	45
Annexe 2. Classification de la plausibilité hydrique des agrégats de cas de GEAm	48
Annexe 3. Descriptions détaillées des communes et des UDI de la zone d'étude	52
Annexe 4. Contours des communes et des UDI sur les 7 départements de l'étude.....	54
Annexe 5. Qualité de renseignement des populations UDI-communes dans SISE-Eaux.....	55
Annexe 6. Liste des agrégats de cas de GEAm transmise aux Cire/ARS, avec leurs caractéristiques, les UDI et les communes concernées, par département	58
Annexe 7. Nombre d'agrégat selon le mois de l'année.....	70
Ressources bibliographiques	71

1. CONTEXTE ET OBJECTIF

1.1 Problématique

Un approvisionnement en eau potable, des moyens d'assainissement de base et une bonne gestion des ressources en eau sont essentiels pour assurer la santé. Au niveau mondial, une bonne gestion de l'eau permettrait d'éviter chaque année 1,4 millions de décès d'enfants par diarrhée¹. Dans les pays à haut revenu, l'eau potable est encore responsable d'épidémies de gastroentérites aiguës (GEA) [1, 2, 3, 4].

La quantification de l'impact sanitaire attribuable aux épidémies d'origine hydrique reste difficile tant au niveau local, régional que national en raison de l'hétérogénéité des méthodes d'estimation et de surveillance [5]. Aux États-Unis, Messner [6] et Colford [7] ont proposé des méthodes pour estimer à un niveau national le poids des maladies portées par l'eau du robinet. Selon la méthode utilisée, le nombre annuel moyen se situe entre 3,1 et 18,5 millions cas de GEA [5]. L'étendue de l'incertitude montre le besoin de perfectionner la surveillance, aux USA comme partout.

Le coût économique des épidémies d'origine hydrique lié à la prise en charge des malades (traitements, hospitalisations, arrêts de travail) et à la diminution de la productivité des travailleurs malades est variable. Les quelques études qui ont étudié cette question ont estimé que le coût de l'épidémie de cryptosporidiose de Milwaukee s'est élevé à près de 96 millions de dollars (\$US) [8], celui de l'épidémie de cryptosporidiose de Galway en Irlande à 19 millions d'euros ou 120 000 €/jour [9], celui d'une épidémie liée à une contamination par des eaux usées en Finlande [10] à près de 2 millions d'euros [11] ; enfin, celui d'une épidémie liée à un retour d'eaux usées au Danemark à environ 1,6 millions Danish Kroner ou 200 000 euros [12]. En tenant compte du nombre de personnes atteintes, le coût par personne malade serait d'environ 135 à 300 euros selon les épidémies rapportées. Au Canada, Payment [13] a estimé que le poids des maladies portées par l'eau du robinet pouvait coûter chaque année plusieurs millions de dollars aux canadiens.

Les investigations menées lors d'épidémies dans les pays à hauts revenus (États-Unis [14], Canada [15], Europe [2, 16, 17], Chine [18]) ont permis d'identifier les principaux facteurs de risque associés aux épidémies : phénomènes environnementaux (contamination de la ressource à la suite du ruissellement d'eaux de pluies et d'une protection des captages d'eau potable insuffisante), insuffisance des systèmes de traitement d'eau (sous dimensionnement des filières de traitement, système de désinfection absent ou inadapté), incidents dans le traitement ou la distribution de l'eau (panne de filtration ou de désinfection, rupture de canalisations, retours d'eaux usées, etc.). Dans la plupart des situations, la mise en place de moyens techniques et de dispositifs de surveillance adaptés au niveau de la ressource (protection du captage), du traitement (système de pré-traitement, filtration, désinfection), ou de la distribution de l'eau permettraient de réduire l'impact de ces épidémies.

En France, les données du Système national d'information inter-régimes (Sniiram) de l'Assurance maladie (AM) représentent une ressource unique pour surveiller le risque infectieux d'origine hydrique et identifier les facteurs impliqués. L'intérêt du système repose sur sa couverture proche de 100 % de la population vivant en France et affiliée à l'AM [19], son exhaustivité géographique à une échelle fine (au niveau de la commune), et le caractère pérenne de la collecte. Il est spécifique à la France. A partir de ces données, un indicateur d'incidence des gastro-entérites aiguës médicalisées (GEAm), adapté à l'étude du risque infectieux d'origine hydrique, a pu être construit [20-22]. Santé publique France dispose ainsi

¹ <http://www.who.int/features/qa/70/fr/> (accès 22/09/2017)

depuis 2010 d'un entrepôt de cas de GEAm, qui est mis à jour tous les 2 mois. Les GEAm représentent en moyenne 32 % des gastro-entérites aiguës (GEA) [23]).

Selon une étude récente, le passage d'une surveillance des épidémies fondée sur le signalement des acteurs locaux à une surveillance où la détection reposerait sur l'exploitation automatique de données issues de l'AM pourrait multiplier au minimum la sensibilité du dispositif par 10, c'est-à-dire que le nombre d'épidémies détectées annuellement passerait de 3 à 30, voire plus [24]. La surveillance des épidémies pourrait alors devenir la principale source d'information pour guider la prévention du risque infectieux d'origine hydrique, à condition que le processus de détection épidémiologique soit correctement connecté aux investigations environnementales, menées localement. En termes de prévention, le système de surveillance des épidémies pourra non seulement identifier les installations à risque et les facteurs de risques mais aussi fournir des arguments épidémiologiques, pour plaider à la prise de mesures structurelles.

Des méthodes ont été développées pour identifier des agrégats de cas de GEAm, localisés dans le temps et l'espace [24 , 25]. La méthode de Kulldorff a été adaptée pour pouvoir prendre en compte les unités de distribution de l'eau du robinet [26, 27]. Une étude de simulations a confirmé son intérêt pour détecter des agrégats qui pourraient être associés à des épidémies d'origine hydrique, avec une bonne sensibilité et une faible proportion de fausses alertes [28]. Son application sur des données réelles de plusieurs départements pilotes est l'objet de cette étude.

1.2 Objectifs

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer sur 7 départements la faisabilité d'une surveillance rétrospective d'épidémies d'origine hydrique France entière, en connectant des agrégats de cas de GEAm identifiés à partir de l'exploitation de la base de l'AM aux résultats d'enquêtes de terrain nécessaires pour conforter leur plausibilité hydrique.

Les objectifs secondaires concernent :

- La définition de critères pour sélectionner les épidémies hydriques potentielles à investiguer parmi les agrégats de cas de GEAm détectés ;
- La définition d'une méthode pour décrire les épidémies sélectionnées ;
- La définition d'une méthode pour évaluer leur plausibilité hydrique.

Sur cette base, des préconisations seront effectuées concernant la mise en œuvre opérationnelle et le déploiement de cette surveillance à l'ensemble des régions de France.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1 Période et zone d'étude

Deux années ont été choisies pour disposer d'un nombre suffisant d'épidémies à investiguer. Les années 2014-2015 (du 01/01/2014 au 31/12/2015) ont été retenues car elles constituaient les deux années les plus proches du démarrage de l'étude (2016) avec des données de l'AM consolidées.

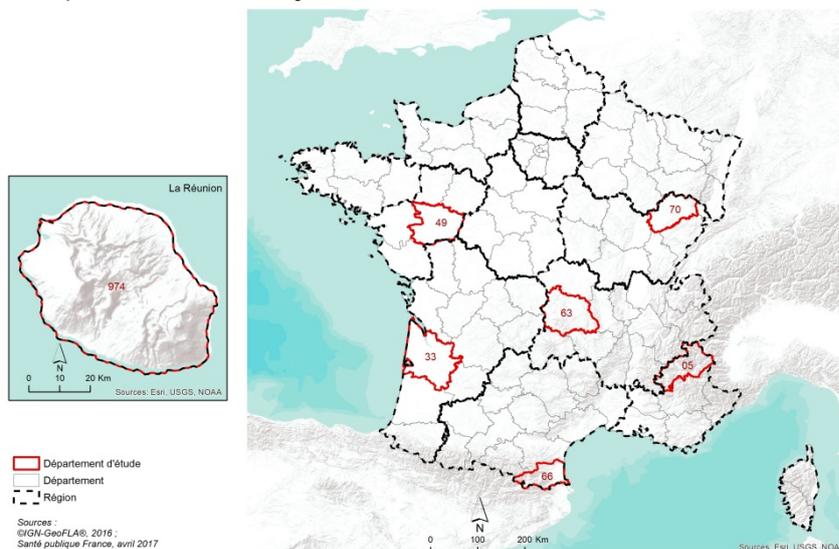
Sept départements issus de 7 régions différentes ont été sélectionnés pour leur diversité en termes de configurations des systèmes d'adduction en eau potable (tailles des unités de distribution d'eau (UDI), articulation communes/UDI) et vis-à-vis du risque infectieux : Hautes-Alpes (05), Gironde (33), Maine-et-Loire (49), Puy-de-Dôme (63), Pyrénées-Orientales (66), Haute-Saône (70) et La Réunion (974) (Figure 1).

L'unité étudiée est la commune ou des regroupements de communes choisis en fonction de la correspondance entre le découpage géographique de communes et des UDI (détail en section 2.3.2.1).

I FIGURE 1 I

Localisation des 7 départements

Les 7 départements d'étude dans les 7 régions



2.2 Sources de données

2.2.1 Indicateur sanitaire

L'indicateur sanitaire utilisé correspondait au nombre de cas de GEAm par jour et par commune identifié à partir des données du Sniiram au moyen d'un algorithme spécifique (consultation d'un médecin et remboursement de médicaments spécifiques prescrits [20 , 21]). Le Sniiram regroupe l'ensemble des prescriptions de soins soumis à remboursement, incluant les médicaments. Le critère d'extraction des prescriptions était la présence d'au moins un médicament cible utilisé pour traiter la GEA (antiémétiques, anti-diarrhéiques, adsorbants).

intestinaux et solutés de réhydratation orale). Les critères de sélection des cas de GEA parmi les prescriptions contenant un médicament cible sont le délai entre la prescription et la délivrance des médicaments (moins de 2 jours), l'absence de médicaments spécifiques de pathologies chroniques pouvant entraîner des épisodes de GEA, la présence d'associations de médicaments utilisés dans le traitement de la GEA et la durée de traitement (moins de 8 jours).

L'algorithme de discrimination des cas de GEAm a été évalué [20] sur la base d'une collecte de cas symptomatiques médicalisés avérés (3 selles liquides ou plus, ou un vomissement, sur 24h [29]). La sensibilité et la valeur prédictive positive de la définition de cas à partir du contenu des ordonnances ont été ainsi estimées, respectivement autour de 90% et 80%.

La production de l'indicateur GEAm a été réalisée sur l'ensemble de la période d'étude, par jour et par commune, tout sexe et âge confondu (sauf les 0-1 ans qui sont exclus de l'analyse). Seuls les cas ayant consultés un médecin situé à moins de 50 kilomètres de leur domicile ont été retenus, pour différencier les cas « résidents présents » des cas « touristes ». L'information jeune (entre 1 et 15 ans,) et adulte (16 ans et plus) était également disponible.

2.2.2 Indicateur d'exposition et données populationnelles

L'indicateur d'exposition environnementale correspondait à l'UDI. Une UDI désigne le réseau ou la partie physique du réseau de distribution qui délivre une eau de qualité homogène, hors situations exceptionnelles (pollution accidentelle, retour d'eau sur le réseau, ou dégradation du réseau). La population alimentée par une même UDI est donc semblable du point de vue de l'exposition potentielle aux pathogènes véhiculés par l'eau distribuée (hors situations exceptionnelles). Une commune peut être alimentée par une ou plusieurs UDI (on parle alors de quartier alimenté par chaque UDI), et une UDI peut alimenter une ou plusieurs communes (Figure 2).

La base nationale du Système d'Information en Santé-Environnement sur les Eaux d'alimentation (SISE-Eaux) contient l'ensemble des données de qualité d'eau en France ainsi que la structure des systèmes de distribution d'eau et la description des installations du captage au robinet du consommateur. Ces données sont renseignées par les agences régionales de santé (ARS).

Des extractions de la base SISE-Eaux ont été réalisées en 2015 et 2017 pour la zone d'étude en retenant les informations suivantes : code du département, code et nom de l'UDI, code et nom des communes desservies, population-quartier de l'intersection UDI/commune, population totale de l'UDI, population totale de chaque commune.

Les données de population de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) de l'année 2013 ont été utilisées.

2.3 Méthode de constitution des agrégats de cas de GEAm

2.3.1 Description de la méthode statistique de base

Parmi les différentes méthodes disponibles pour répondre aux objectifs de cette étude [28], le scan de permutations spatio-temporelles de Kulldorff [25] a été retenu. La finalité de cette méthode est d'identifier des zones ayant des excès de cas dans l'espace et le temps sur une période et une zone d'étude définies. Elle présente plusieurs intérêts tels que la possibilité de s'affranchir des données démographiques (dénominateur de populations exposées) et de pouvoir procéder à l'ajustement des données en tenant compte de co-variables. Cette méthode permet également de gérer la question des tests multiples qui se pose dès lors que

de nombreux tests statistiques (comparaisons) sont effectués sur le même jeu de données. En revanche, elle ne permet pas d'identifier sur un même jeu de données des répétitions d'agrégats concernant une même entité géographique.

Les agrégats identifiés ont été assortis de paramètres statistiques et épidémiologiques définissant leurs caractéristiques, à savoir :

- Un ratio de vraisemblance et sa p-value permettant le classement des agrégats par ordre de probabilité d'apparition (l'agrégat principal et les agrégats secondaires) ;
- La date de début et de fin de l'agrégat ;
- Un nombre de cas en excès estimé à partir des valeurs observées et attendues ;
- Un rapport de risques défini comme le rapport entre les nombres de cas observés et attendus ;
- L'identification des communes et des UDI concernées.

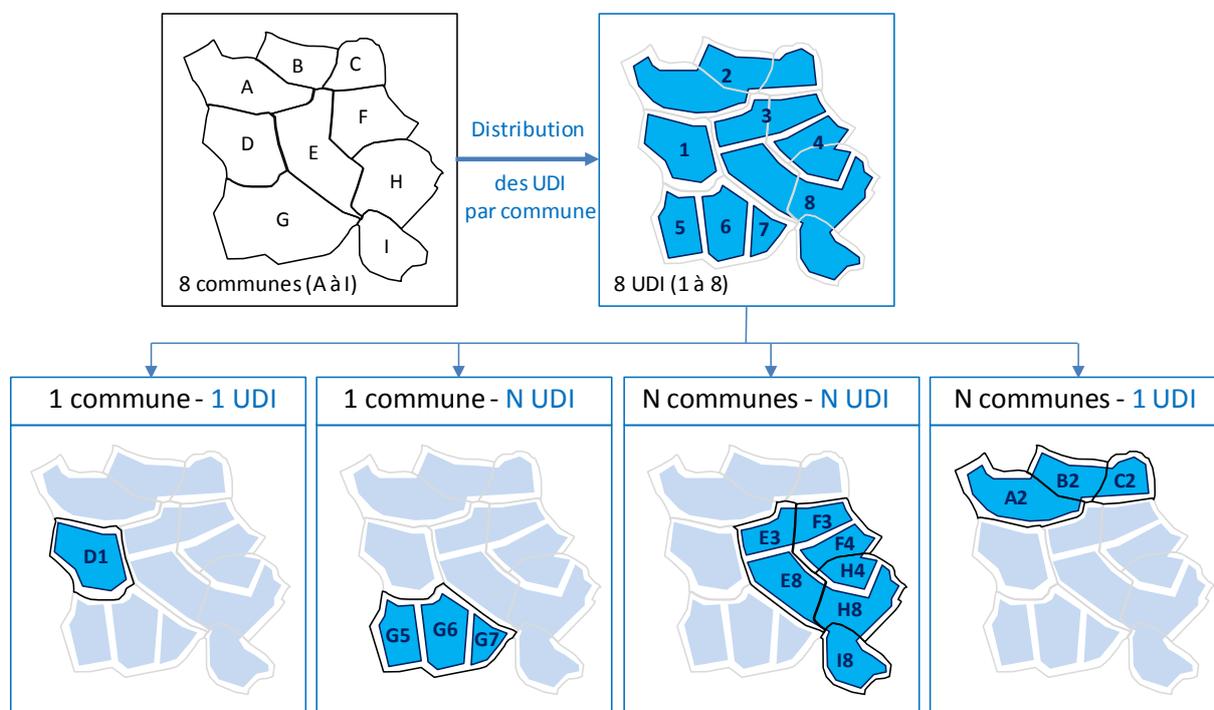
2.3.2 Variantes et paramétrages de la méthode statistique de base

2.3.2.1 Les variantes, selon la matrice de voisinage

Les cas de GEAm étaient fournis à l'échelle de la commune. L'indicateur d'exposition à l'eau du robinet était défini à l'échelle de l'UDI. Les configurations UDI-communes sont très variées, puisqu'une commune peut être alimentée par une ou plusieurs UDI, et une UDI peut alimenter une ou plusieurs communes (Figure 2).

I FIGURE 2 I

Illustration des configurations UDI-Communes rencontrées



La possibilité d'utiliser une matrice de voisinage a permis d'améliorer la spécificité de la détection d'agrégats de GEAm d'origine hydrique suspectée en tenant compte des

configurations UDI/communes. Ainsi, les voisins d'une entité géographique à tester et partageant la même UDI, ont été considérés au moment de la détection comme similaires du point de vue de l'exposition.

Le choix de la matrice de voisinage dépend des informations présentes dans SISE-Eaux :

- Les informations concernant les populations communales desservies par chaque UDI étaient renseignées dans SISE-Eaux. La méthode statistique a été configurée en utilisant le contour des UDI et en intégrant des contraintes de voisinage pour considérer ensemble les communes partageant une même UDI. Une matrice des communes voisines par UDI a été utilisée à l'aide d'un algorithme qui définit des regroupements de communes en fonction de la répartition des effectifs de population des UDI au sein des communes desservies [26]. Deux variantes de la méthode ont été utilisées : la première permettant l'analyse à partir des UDI reconstituées stricto sensu sans table de voisinage (variante « UDI 1 ») et la seconde à partir des communes desservies par les mêmes UDI en utilisant la table de voisinage précédemment décrite (variante « UDI 2 »). Compte tenu des informations figurant dans la base SISE-Eaux, ces deux variantes n'ont toutefois été considérées comme applicables qu'aux départements pour lesquels l'indicateur de population desservie par UDI était renseigné de façon « suffisante » au niveau départemental. A cet effet, un seuil départemental de 70% d'UDI disposant de données de population au niveau des communes et des quartiers a été fixé arbitrairement.
- Les informations concernant les populations communales desservies par chaque UDI pouvaient être manquantes ou mal renseignées dans SISE-Eaux. Une troisième variante de la méthode qui s'affranchit des informations concernant les UDI a été mise en œuvre pour ces situations. Cette variante consistait à analyser les données sanitaires au niveau communal et à intégrer pour chaque commune de la zone d'étude une contrainte de voisinage définie à partir d'un critère d'éloignement (communes dont le centroïde géographique était situé dans un rayon de 20 kilomètres de chaque commune étudiée, variante « Com20km »). Le lien avec les UDI a été réalisé ensuite, à partir des tables de correspondance communes/UDI de la base de SISE-Eaux, pour les communes sur lesquelles un agrégat de cas était identifié.
- Cas particulier de La Réunion : ce département présente peu de communes, très peuplées et étendues, alimentées par de nombreuses UDI qui n'alimentent qu'une seule commune. La variante appliquée a travaillé à la commune, sans matrice de voisinage (variante « Com »).

Selon la variante de la méthode statistique considérée, l'unité géographique d'analyse était donc soit l'UDI, soit la commune avec comme matrice de voisinage les autres communes partageant l'UDI qui l'alimente, ou les communes limitrophes dans un rayon de 20km (Tableau 1).

I TABLEAU 1 I

Synthèse des variantes utilisées pour appliquer la méthode de détection spatio-temporelle

Variante	% départemental d'UDI mentionnant la population communale desservie	Unité statistique d'analyse	Prise en compte du contour des UDI	Utilisation des données de la base SISE-Eaux	Spécificité vis-à-vis de l'origine hydrique
UDI 1	≥70%	UDI ¹	Oui ²	Oui	Maximisée
UDI 2	≥70%	Commune	Oui ³	Oui	Maximisée ⁴
Com20km	<70%	Commune	Non	Non	suivant l'adéquation UDI commune ⁵
Com	La Réunion	Commune	non	non	Forte ⁶

¹ toutes les communes partageant une même UDI ;

² analyse réalisée à l'échelle de l'ensemble des communes partageant une même UDI ;

³ analyse réalisée à l'échelle communale avec un balayage qui cumule progressivement les communes partageant la même UDI ;

⁴ cette variante est la plus adaptée en cas de pollution partielle de l'UDI qui expose une partie seulement de l'UDI (cas d'un retour d'eau par exemple) ;

⁵ forte lorsqu'une UDI est rattachée exclusivement à une commune et moins forte lorsqu'une UDI dessert plusieurs communes ;

⁶ forte car toutes les UDI sont rattachées exclusivement à une commune.

2.3.2.2 Ajustement des données

La détection des agrégats a été réalisée avec ajustement sur les co-variables « jours fériés » (codage binaire), « jours de la semaine » (codage de 1 à 7), « saison hivernale » (codage binaire²) et « densité de population » (calcul du Log10 de la densité de population communale ensuite discrétisé en utilisant comme bornes les percentiles 20, 40, 60 et 80 de la distribution des valeurs pour chaque département soit 5 classes)³.

2.3.2.3 Paramétrage de la méthode

La recherche d'agrégats a été effectuée au département et à l'année.

2.3.2.4 Identification de signaux d'agrégats répétés sur une même entité géographique

Dans sa définition classique, la méthode statistique ne permet pas d'identifier plusieurs agrégats sur une même unité géographique au cours de la période de paramétrage de la méthode. Pour permettre l'identification d'une pollution chronique ou des défaillances répétées sur un même réseau d'eau, les analyses ont été réalisées en boucle en procédant à chacune d'entre elles à la neutralisation systématique de l'agrégat précédemment identifié comme le plus probable. En pratique, il s'agissait de neutraliser à l'issue de chaque balayage spatio-temporel du jeu de données l'agrégat identifié comme le plus probable (numéro 1). Pour cela, un effectif de cas égal à la médiane des taux d'incidence quotidien sur la zone d'étude à la même période a été affecté à la place de l'agrégat. Dix boucles ont été réalisées dans le cadre de cette étude.

2.3.3 Critères de sélection des agrégats

Les agrégats qui correspondent aux critères épidémiologiques et statistiques suivants ont été conservés pour lancer les investigations environnementales. Ces critères ont été définis à partir des épidémies passées investiguées [2] et d'épidémies simulées [28] :

- Critère statistique : valeur-p inférieure à 0,05 ;

² Saisons hivernales : semaines 44 à 53 et 1 à 16

³ Variable d'ajustement permettant de prendre en considération dans le modèle la population communale résidente

- Critère statistique : excès de cas supérieur ou égal à 10 (en dessous de 10 cas, la sensibilité est faible (16 % en moyenne contre plus de 70 %) et la proportion de fausses alertes est élevée (21 % en moyenne, contre 7 %) [28] ;
- Critère épidémiologiste : risque relatif (RR) supérieur à 1,5 ;
- Critère de durée de l'agrégat : durée comprise entre 3 jours (pour éliminer la plupart des TIAC) et 28 jours (choix empirique).

Par ailleurs, les répétitions d'agrégats ont été identifiées en considérant tous les signaux de la première boucle d'analyse répondant aux critères de sélection et les seuls premiers signaux des boucles suivantes qui apparaissaient sur des UDI identifiées dans la première boucle, et qui répondaient aux mêmes critères de sélection.

Quand un agrégat ressortait avec les variantes « UDI 1 » et « UDI 2 », il a été décidé de retenir les paramètres associés à « UDI 2 » (codes et noms des UDI et des communes portant l'agrégat, dates de début, durée, valeur-p, RR, excès de cas). Cette méthode permet de détecter plus facilement que UDI 1 les agrégats qui impactent une partie des communes de l'UDI, et qui pourraient correspondre à une pollution du réseau de distribution.

2.3.4 Traitement informatique des données

Le logiciel R (version 3.3.2)⁴ a été retenu pour la mise en œuvre des traitements informatiques, à l'exclusion de la réalisation des analyses spatio-temporelles. Des packages spécifiques ont été utilisés pour la préparation des données et le formatage des fichiers de résultats (packages `foreign`, `openxlsx`, `sp`, `spdep` et `ISOweek`) et pour la réalisation des productions cartographiques (packages `rgeos`, `sp`, `mapproj`, `RColorBrewer`, `classInt` et `cartography`).

La détection des signaux par la méthode du scan de permutation de Kulldorff a été réalisée en utilisant le logiciel SaTScanTM (version 9.3.1)⁵ [30]. Les analyses statistiques et la récupération des fichiers identifiant les cas groupés détectés sont automatisables.

Une application dédiée à la consultation des résultats d'analyses a été développée sous R (EpiGEH) [27], en s'appuyant sur les packages `Shiny`⁶, `leaflet`, `rgdal`, `mapproj`, `dygraphs`, `xts`, `openxlsx`, `ISOweek` et `cartography`. Cette application permet la consultation ergonomique de l'ensemble des résultats analytiques et cartographiques mais également des données sources disponibles.

L'ensemble des fichiers de résultats analytiques produits par SaTScanTM a ensuite été formaté sous R pour produire des cartes, des courbes épidémiques et des tableaux relatifs aux différents signaux identifiés.

Tout le processus a été automatisé (Annexe 1).

2.4 Analyse descriptive des agrégats de cas

L'analyse descriptive des agrégats de cas a été effectuée sur toute la zone d'étude et par département : nombre d'agrégats, excès de cas, RR, durée de l'agrégat, mois de l'année, classe d'âge impactée.

Une analyse secondaire a été effectuée sur les répétitions d'agrégats et les UDI qui portaient plusieurs agrégats sur la période 2014 et 2015.

⁴ <https://cran.r-project.org/>

⁵ <http://www.satscan.org/>

⁶ <http://shiny.rstudio.com/>

2.5 Validation d'une origine hydrique : définition de critères de plausibilité

La validation hydrique a été classée en 5 niveaux : 2 qui correspondent à des situations connues d'association hydrique avérée (niveau 1) ou d'absence d'association hydrique avérée (niveau 99), et 4 selon l'existence de critères de plausibilité d'une origine hydrique (niveaux 1 à 4) :

- Niveau 1 – association hydrique forte (ou association hydrique connue)
- Niveau 2 – association hydrique probable
- Niveau 3 – association hydrique possible
- Niveau 4 – origine indéterminée
- Niveau 99 – autre origine connue (Tiac...)

La validation hydrique a été recherchée après avoir éliminé une autre origine connue pouvant expliquer l'agrégat. Pour cela, les signaux investigués par les ARS ou les Cire (Toxi-infections alimentaires collectives (Tiac), épidémies de GEA dans des établissements d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (Ehpad), etc.) ont été regardés et rapprochés des agrégats de cas de GEAm.

Pour aider au classement, deux propositions d'algorithme de classement ont été diffusées aux membres du GT (Figure 3 et Annexe 2). Ces deux algorithmes utilisent des informations qui couvrent différents éléments constitutifs du risque, comme :

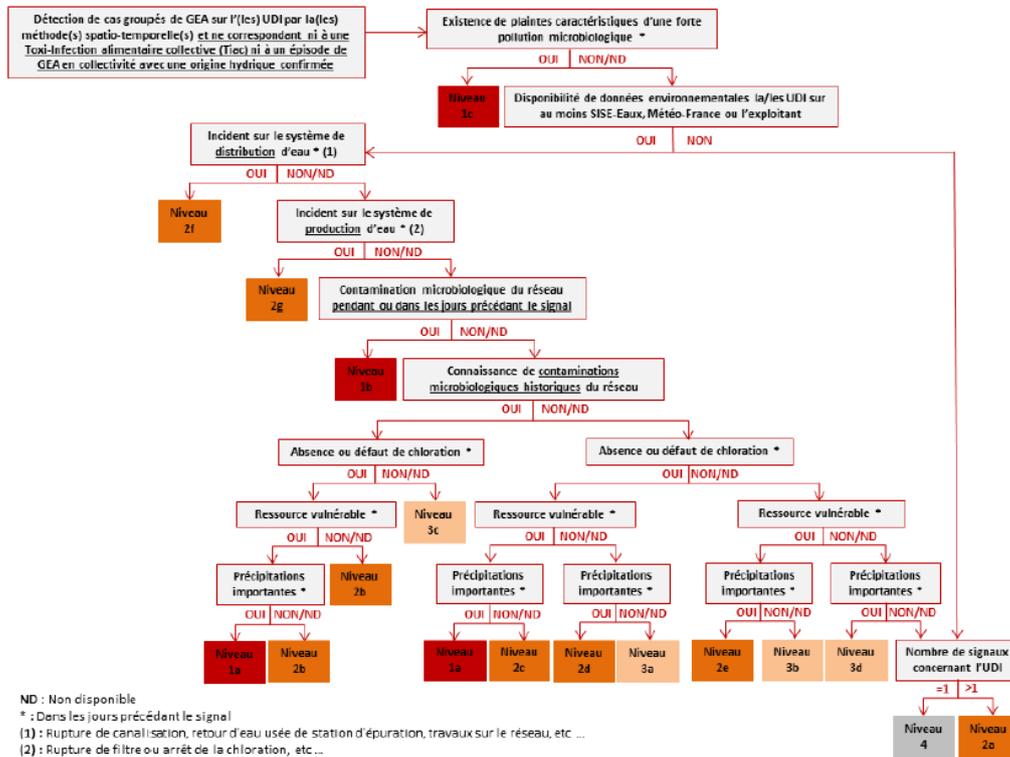
- les éventuels résultats des analyses microbiologiques réglementaires des prélèvements effectués sur l'UDI portant l'agrégat :
 - Quelques jours ou semaines avant le début de l'agrégat. En cas de non-conformité (paramètres microbiologiques, turbidité, chloration), la plausibilité hydrique a été classée en « forte » ;
 - Sur plusieurs années, pour caractériser la vulnérabilité générale de l'UDI face au risque de contamination microbiologique ;
- Le type et la vulnérabilité de la ressource (eau de surface, eau souterraine plus ou moins bien protégée), de la filière de traitement, du réseau de distribution ;
- Les accidents ou incidents d'exploitation relatés par l'exploitant interrogé : absence de chlore dans l'eau du réseau de distribution, existence de dysfonctionnements sur la chloration ou la filière de traitement, existence de fuites ou de casse en réseau ;
- Les facteurs météorologiques ayant pu impacter la qualité de l'eau (forte pluviométrie, inondation du captage, variation brutale du débit de la rivière servant de ressource), quelques jours ou semaines avant le début de l'agrégat.

C'est la conjonction de la survenue d'incidents d'exploitation sur le secteur de l'UDI impacté, d'une vulnérabilité de la ressource et d'une période de pluies intenses durant la période probable d'exposition des cas qui accrédite le plus la plausibilité d'une origine hydrique de l'épidémie [31]. Des données plus globales indiquant une dégradation de la qualité microbiologique de l'eau distribuée (résultats d'analyses microbiologiques ou plainte circonstanciées de la population) sont aussi très favorables à l'hypothèse d'une origine hydrique mais ces données sont le plus souvent absentes, faisant de l'analyse du contexte météorologique, des données d'exploitation et des données de vulnérabilité de la ressource les seules sources disponibles d'informations pertinentes. Les algorithmes utilisés déclinaient ces principes.

I FIGURE 3 I

Exemple de critères de plausibilité pour définir l'association entre une épidémie de GEA et la contamination du réseau d'eau selon les données environnementales disponibles

Algorithme proposé par la région Occitanie et appliqué au département 66



La classification a été effectuée par les entités régionales de l'équipe projet. Afin de recueillir les informations nécessaires au déroulement de l'algorithme, les délégations départementales des ARS concernées ont été sollicitées compte tenu de leur connaissance du terrain. La classification a été effectuée en suivant les grandes lignes proposées par les algorithmes spécifiés, selon leur connaissance du contexte local et la disponibilité des informations.

3. RÉSULTATS

3.1 Caractéristiques des départements de la zone d'étude. Description des données de la base SISE-Eaux

Les départements étudiés présentaient des caractéristiques très contrastées, tant du point de vue de la connaissance du risque hydrique et de l'origine des ressources en eau que de leur population, population communale, et de la configuration UDI-communes (Tableau 2 , tableaux plus détaillés en Annexe 3 et Annexe 4) :

- **Connaissance du risque hydrique**

Certains départements montagneux présentaient des risques identifiés récurrents (Hautes-Alpes/05, Puy-de-Dôme/63) avec des épidémies hydriques déjà identifiées. Les données du contrôle sanitaire de 2013 indiquaient que le pourcentage de la population alimentée par une eau de bonne qualité bactériologique, c'est-à-dire respectant la limite de qualité pour les paramètres microbiologiques, différaient entre les départements de la zone d'étude entre moins de 80 % à plus de 98 % [32] ;

- **Origine des ressources en eau utilisées (souterraine ou de surface)**

La part des eaux souterraines dans le débit capté pour l'alimentation en eau potable variait entre 25-50 % à 75-100 % [33] ;

- **Population des départements**

Certains départements étaient peu peuplés (moins de 300 000 habitants), d'autres très peuplés. Les populations des 2 336 communes de la zone d'étude était très variables, avec près de 25 % des communes de moins de 200 habitants et 25 % des communes de plus de 1 200 habitants (médiane à 460, maximum à 243 600 habitants). Le nombre de communes et la distribution de la population des communes différaient fortement d'un département à l'autre, la proportion des petites communes de moins de 500 habitants variant de 0 à 82 %.

- **UDI des départements**

Le nombre des UDI variait fortement d'un département à l'autre, entre moins de 150 à plus de 500 [33]. La taille de la population alimentée par les 2 076 UDI de la zone d'étude était très variable, avec près de 25 % des UDI alimentant moins de 38 habitants et 25 % des UDI alimentant plus de 1 000 habitants (médiane à 170, maximum à 246 900 habitants). Le nombre et la distribution de la population des UDI différaient fortement d'un département à l'autre, la proportion des petites UDI de moins de 500 habitants variant de 5 à 91 % ;

- **Correspondance Commune/UDI**

La grande majorité des communes était alimentée par une seule UDI (15 %) ou en totalité par une UDI qui desservait également d'autres communes (62 %). Les communes alimentées en totalité par plusieurs UDI étaient minoritaires (6 %), comme les communes alimentées partiellement par une ou plusieurs UDI (16 %). Là encore, une très grande variabilité a été observée d'un département à l'autre. Selon le département, le nombre maximum d'UDI alimentant une même commune a varié de 4 à 17, et le nombre de communes alimentées par une même UDI a varié de 1 à 53. La Réunion était un

département à part avec peu de communes (N=24), toutes de plus de 2 000 habitants et toutes alimentées par plusieurs UDI (de 4 à 17).

I TABLEAU 2 I

Principales caractéristiques des départements concernant leur risque hydrique, leur population communale, la population alimentée par leur UDI et la répartition commune-UDI

indicateur	département avec la valeur minimale		département avec la valeur maximale				
	Hauts-Alpes (05)	Gironde (33)	Maine-et-Loire (49)	Puy-de-Dôme (63)	Pyrénées-Orientales (66)	Haute-Saône (70)	La Réunion (974)
risque hydrique							
% de la population alimentée par une eau de bonne qualité*	<80%	>98%	>98%	>98%	[95%; 98%]	[80%; 90%]	[80%; 90%]
origine de la ressource							
% de la population alimentée en eau souterraine**	[50%;75%]	[75%;100%]	[50%;75%]	[75%;100%]	[75%;100%]	[75%;100%]	[25%;50%]
population des communes et des UDI							
population totale***	137 894	1 489 508	790 164	634 248	457 988	236 352	823 317
nombre de communes	172	542	357	470	226	545	24
(% <500 habitants)	(71%)	(38%)	(23%)	(55%)	(52%)	(82%)	(0%)
nombre d'UDI****	466	129	74	557	267	406	177
(% < 500 habitants)	(91%)	(5%)	(11%)	(82%)	(64%)	(73%)	(23%)
correspondance communes - UDI							
% des communes du département concernées par la configuration****							
1 commune et 1 UDI	26%	13%	33%	16%	5%	7%	0%
1 commune et N UDI	37%	6%	3%	4%	1%	1%	100%
N communes et 1 UDI	16%	64%	61%	74%	89%	55%	0%
N communes et N UDI	22%	17%	4%	6%	4%	37%	0%

* Source [32]

** Source [33]

*** Données Insee 2013 (1 an ou plus)

**** Données SISE-Eaux (2017)

Pour choisir les variantes de la méthode de détection spatio-temporelle à appliquer, le renseignement des informations concernant les populations communales desservies par chaque UDI dans SISE-Eaux a été regardé (Annexe 5). Les variantes « UDI 1 » et « UDI 2 » ont été utilisées pour tous les départements de la zone d'étude sauf pour La Réunion. Les communes de La Réunion étant très grandes et alimentées par de nombreuses UDI, la variante « Com » à la commune a été utilisée pour ce département très atypique.

3.2 Description des cas de GEAm

Pour les années 2014 et 2015, le nombre de cas de GEAm âgés de 1 an et plus et résidant sur la zone d'étude a été estimé respectivement à 461 949 et 448 921 cas. La répartition par classe d'âge indiquait que 47 % des malades étaient âgés de 1 à 15 ans et 53 % de 16 ans et plus. Les périodes hivernales (décembre, janvier à mars) totalisaient 53 % des cas (Tableau 3, Tableau 4).

I TABLEAU 3 I

Nombre de GEA médicalisés sur la zone d'étude en 2014 et 2015, par département et par classe d'âge. Taux d'incidence (TI) annuel

département	total	jeune	(%)	adulte	(%)	TI tout âge (100hab.an)	Rapport TI jeune/TI adulte
05	14 572	7 014	(48)	7 558	(52)	5,3	4,4
33	288 006	125 337	(44)	162 669	(56)	9,7	3,6
49	99 908	45 898	(46)	54 010	(54)	6,3	3,3
63	95 081	42 593	(45)	52 488	(55)	7,5	4,1
66	72 536	34 970	(48)	37 566	(52)	7,9	4,4
70	40 682	18 350	(45)	22 332	(55)	8,6	3,6
974	300 085	155 961	(52)	144 124	(48)	18,2	3,3
zone étude	910 870	430 123	(47)	480 747	(53)	10,0	3,8

Sources : Assurance maladie, Santé publique France, Insee 2013

I TABLEAU 4 I

Répartition mensuelle des cas de GEA médicalisés sur la zone d'étude en 2014 et 2015, par classe d'âge. Taux d'incidence (TI) mensuel

mois	total	(%)	jeune	(%)	adulte	(%)	TI (100 hab.mois)
janvier	122 754	(13)	55 136	(13)	67 618	(14)	1,3
février	97 565	(11)	44 498	(10)	53 067	(11)	1,1
mars	84 196	(9)	39 751	(9)	44 445	(9)	0,9
avril	67 395	(7)	33 388	(8)	34 007	(7)	0,7
mai	50 384	(6)	24 373	(6)	26 011	(5)	0,6
juin	64 203	(7)	33 308	(8)	30 895	(6)	0,7
juillet	62 536	(7)	29 084	(7)	33 452	(7)	0,7
août	47 599	(5)	19 774	(5)	27 825	(6)	0,5
septembre	76 253	(8)	38 446	(9)	37 807	(8)	0,8
octobre	72 800	(8)	34 381	(8)	38 419	(8)	0,8
novembre	71 547	(8)	34 931	(8)	36 616	(8)	0,8
décembre	93 638	(10)	43 053	(10)	50 585	(11)	1,0

Sources : Assurance maladie, Santé publique France, Insee 2013

Les 6 départements de métropole présentaient des évolutions temporelles de cas et des taux d'incidence (TI) similaires : pics hivernaux marqués début 2015 sur 6 à 8 semaines puis fin 2015-début 2016 (semaines 48 à 8, avec un rebond) et plus faibles fin 2016. Les TI pour ces départements étaient similaires.

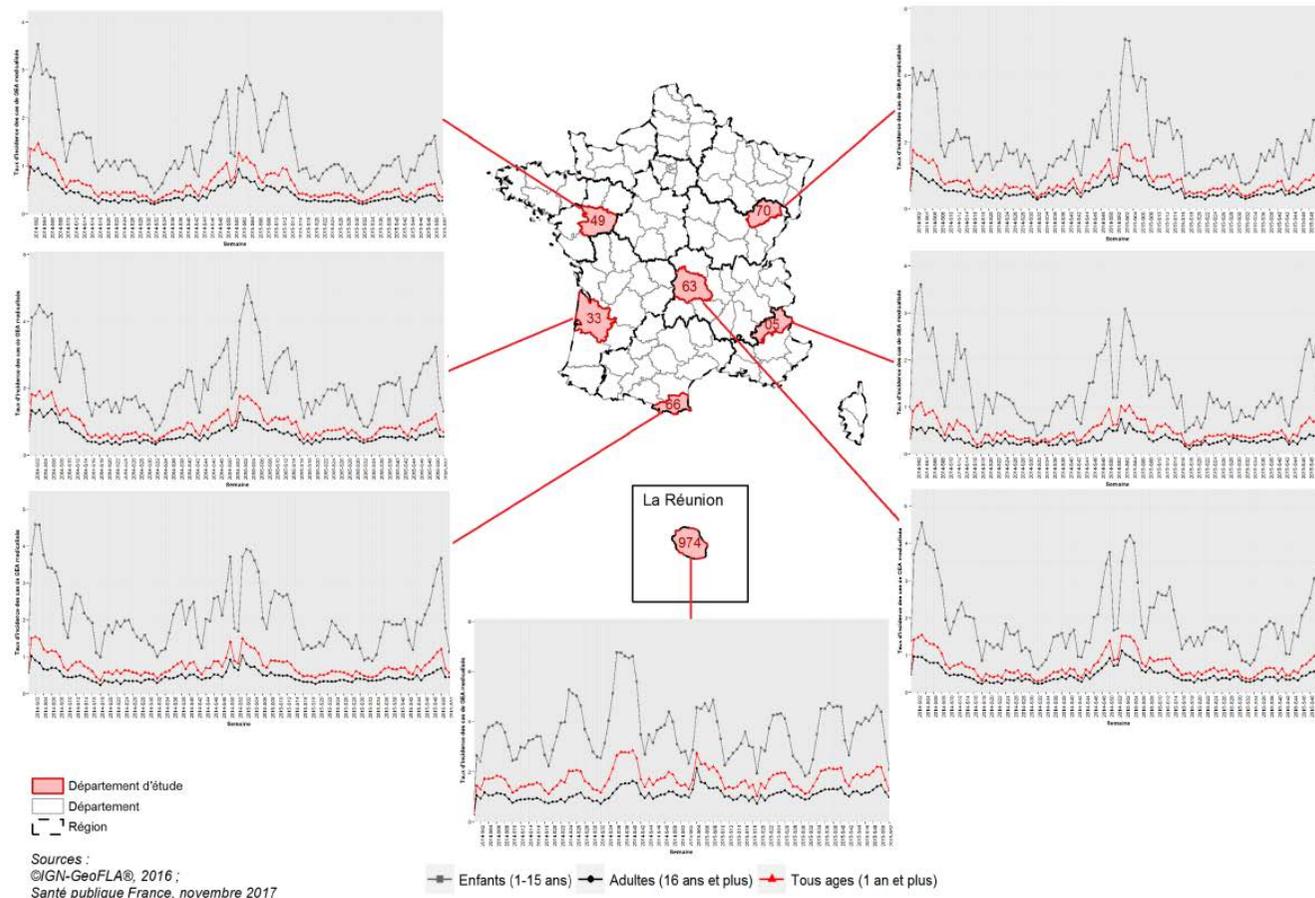
L'évolution temporelle était très différente à La Réunion, avec un profil en vagues, toutes les 8-12 semaines, et sans pic hivernal (Figure 4).

Les TI des jeunes étaient nettement plus élevés que les taux d'incidence des adultes, d'un facteur 3,3 à 4,4 selon le département (Tableau 3, Figure 4). Les TI étaient du même ordre de grandeur pour les départements de métropole et 2 fois plus élevés à La Réunion, chez les jeunes comme chez les adultes

Les TI étaient également variables d'une commune à l'autre, au sein d'un même département sauf à La Réunion (Figure 5).

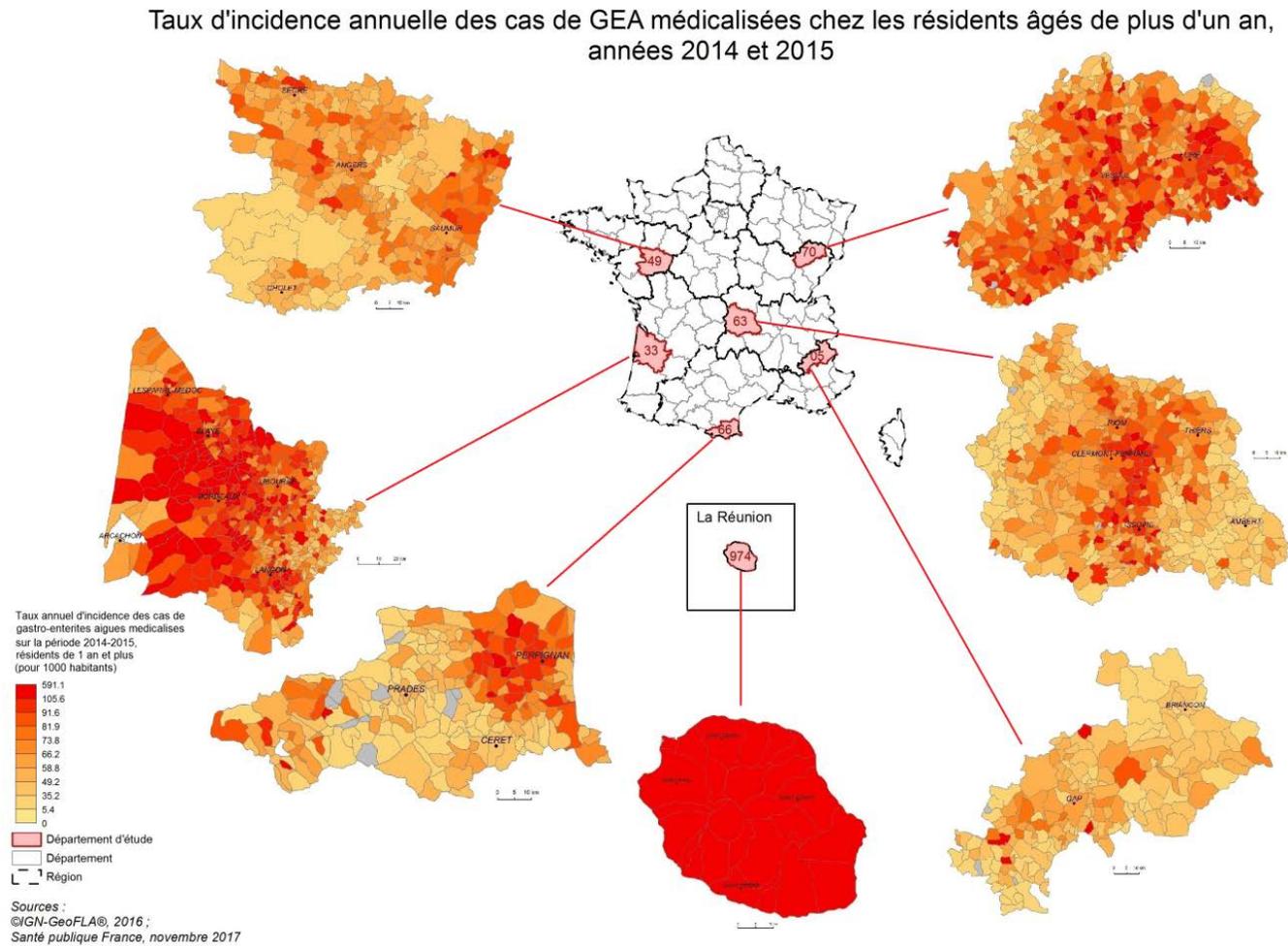
I FIGURE 4 I

Taux d'incidence hebdomadaire de cas de GEA médicalisés sur les 7 départements de la zone d'étude en 2014 et 2015, tous âges (source : Assurance maladie, Santé publique France)



I FIGURE 5 I

Taux d'incidence annuelle des cas de gastro-entérite aiguë médicalisés sur les 7 départements de l'étude, selon la commune de résidence, chez les 1 an et plus, pour 1 000 habitants (données 2014 et 2015)



3.3 Description des agrégats de cas de GEAm

Soixante-sept agrégats ont été détectés sur les 7 départements de l'étude et la période 2014 et 2015 (Annexe 6 pour le détail des agrégats). Le nombre variait d'une année à l'autre, d'un département à l'autre, avec 2 agrégats détectés dans les Hautes-Alpes (05) et 14 en Gironde (33) ou en Maine-et-Loire (49) (Tableau 5).

Leur nombre variait également d'un mois à l'autre, avec aucun agrégat en mai et un maximum de 12 agrégats en mars 2014 et 2015 (Annexe 7).

I TABLEAU 5 I

Nombre d'agrégats détectés par année et par département de la zone d'étude

département	Nombre d'agrégats		total
	2014	2015	
05	1	1	2
33	9	5	14
49	9	5	14
63	3	5	8
66	10	3	13
70	2	3	5
974	3	8	11
total	37	30	67

Les caractéristiques des agrégats sont présentées dans le Tableau 6 par département et sur toute la zone d'étude:

- Le nombre d'habitants des communes où des agrégats ont été identifiés variait entre moins de 500 à plus de 64 000 habitants (percentile 25 et médiane autour de 4 550 et 7 700 habitants). L'ensemble des communes impactées regroupait près de 915 000 personnes sur 2 ans, soit presque 10 % de la population totale de la zone d'étude.
- L'excès cumulé de cas sur toute la période et la zone d'étude était de 2 848 cas, soit un taux d'attaque moyen de 31 excès de cas pour 10 000 personnes dans les communes concernées par un agrégat. Pour chaque agrégat, l'excès de cas variait entre 10 (limite inférieure imposée pour la sélection des agrégats) et 286. Tous les agrégats de plus de 70 cas en excès étaient situés à La Réunion.
- Les RR variaient entre 1,5 (limite inférieure imposée par la sélection des agrégats) et 9,3, sans effet département.
- Les durées variaient entre les 2 limites imposées pour la sélection des cas, soient 3 et 28 jours, sans effet département.

I TABLEAU 6 I

Population des communes concernées par un agrégat ; nombre d'excès de cas, RR et durée des agrégats (minimum, médiane, moyenne, maximum) par département et sur toute la zone d'étude, années 2014 et 2015

Population des communes concernées par un agrégat

département	nombre d'agrégats	total des populations (%)	minimum	moyenne	médiane	maximum
05	2	2 947 (0)	479	1 474	1 474	2 468
33	14	274 849 (30)	3 854	19 632	11 500	64 353
49	14	178 084 (19)	1 296	12 720	8 487	43 149
63	8	107 928 (12)	3 591	13 491	11 710	27 873
66	13	67 358 (7)	1 048	5 181	4 767	9 683
70	5	7 752 (1)	864	1 550	1 035	3 851
974	11	275 681 (30)	5 101	25 062	14 103	52 803
zone d'étude	67	914 599 (100)	479	13 650	7 707	64 350

Excès de cas

département	nombre d'agrégats	total des excès de cas (%)	minimum	moyenne	médiane	maximum
05	2	28 (1)	10	14	14	18
33	14	481 (17)	11	34	30	69
49	14	361 (13)	12	26	24	45
63	8	207 (7)	12	26	20	48
66	13	355 (12)	13	27	26	46
70	5	76 (3)	10	15	17	19
974	11	1340 (47)	34	122	64	286
zone d'étude	67	2 848 (100)	10	43	27	286

Risque relatif

département	nombre d'agrégats	minimum	moyenne	médiane	maximum
05	2	3,0	4,3	4,3	5,6
33	14	1,5	3,6	2,4	9,3
49	14	1,9	3,4	2,5	7,3
63	8	1,6	3,7	3,6	6,2
66	13	1,8	3,5	2,7	7,8
70	5	2,9	5,4	5,2	8,0
974	11	1,5	2,1	1,8	3,0
zone d'étude	67	1,5	3,5	2,6	9,3

Durée (jours)

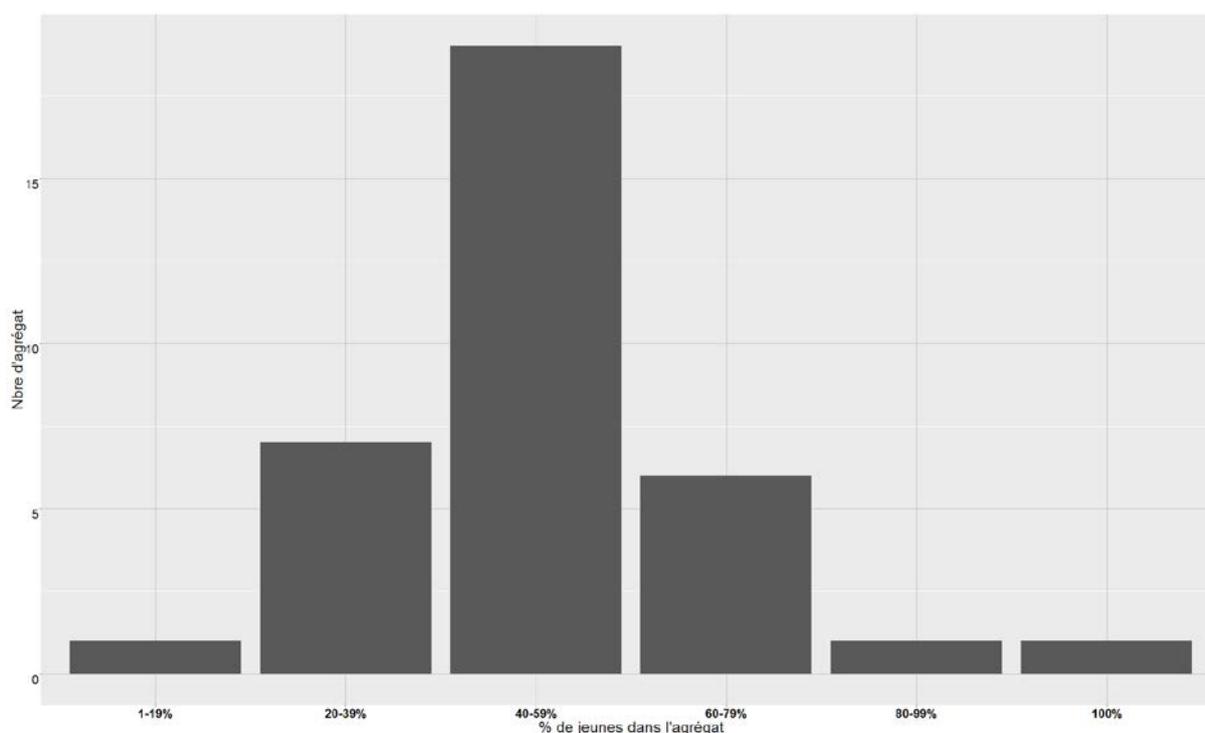
département	nombre d'agrégats	minimum	moyenne	médiane	maximum
05	2	15	16	16	18
33	14	3	13	10	27
49	14	3	13	12	27
63	8	5	11	8	25
66	13	4	13	12	28
70	5	6	14	12	27
974	11	3	14	18	28
zone d'étude	67	3	13	12	28

Les agrégats impactaient majoritairement une seule UDI (63 %). Ils impactaient plus de 3 UDI pour 21 % d'entre eux. La distribution du nombre de communes par agrégat était de 1 commune pour 45 % des agrégats (dont tous les agrégats des Hautes-Alpes/05 et de La Réunion/974), 2 à 5 communes pour 9 % des agrégats, 6 à 9 communes pour 16 % des agrégats, et 10 à 15 communes pour 30 % des agrégats (Annexe 6).

La répartition des cas entre les cas jeunes (entre 1 et 15 ans) et les adultes (16 ans et plus) a été étudiée sur 5 départements. La proportion de jeunes variait entre 17 et 80 %, sauf pour 1 agrégat où elle était de 100 % (Figure 6).

I FIGURE 6 I

Nombre d'agrégats selon la classe de % de jeunes [1 ans ; 15 ans] dans l'agrégat. (N=45 agrégats renseignés sur les départements 05 ; 49 ; 66 ; 70 et 974) ; années 2014 et 2015



3.4 Plausibilité d'une origine hydrique

Sur les 67 agrégats de GEAm identifiés, la plausibilité hydrique a été analysée pour tous les agrégats à l'exception d'un agrégat. Il s'agissait d'un agrégat identifié à La Réunion concernant un excès de 48 cas survenus sur la période du 24 au 30 décembre 2014 dont 38 cas sur la seule journée du 26 décembre 2014 (13 chez des moins de 16 ans et 25 chez des plus de 15 ans). Compte tenu de l'occurrence de 80 % des cas sur la seule journée suivant la fête de Noël du 25 décembre, l'hypothèse d'une origine alimentaire était la plus probable.

La plausibilité hydrique a été classée en forte, probable, possible pour respectivement 7 %, 16 %, 25 % des agrégats, et l'origine était indéterminée pour 49 % des agrégats (Tableau 7).

Deux agrégats classés en plausibilité forte correspondaient aux deux épidémies de GEAm d'origine hydrique, identifiées sur les départements de la zone d'étude en 2014 et 2015

(épidémie de Saint Firmin⁷ dans les Hautes-Alpes-05, épidémie de Prades dans les Pyrénées-Orientales-66).

I TABLEAU 7 I

Plausibilité hydrique des agrégats détectés, par département et pour la zone d'étude, années 2014-2015

département	nombre d'agrégats détectés	Plausibilité hydrique				autre association (99)
		forte	probable	possible	indéterminée	
05	2	1	0	1	0	0
33	14	1	1	8	4	0
49	14	0	0	3	11	0
63	8	0	4	1	3	0
66	13	2	3	1	7	0
70	5	1	0	2	2	0
974	11	0	3	1	6	1
zone d'étude	67	5	11	17	33	1
%	96%	7%	16%	24%	47%	1%

La plausibilité hydrique a été estimée pour la moitié des agrégats. Les facteurs des risques les plus évoqués concernaient :

- la connaissance d'une vulnérabilité du système de production d'eau (historique de non-conformité (NC) du contrôle sanitaire (CS), vulnérabilité de la ressource ou du traitement) ;
- la présence d'une NC du CS (paramètre E. coli ou entérocoques) ou d'une anomalie de chloration (sur l'usine ou sur le réseau) pendant la période supposée d'exposition (PSE).

Les facteurs extérieurs identifiés pendant la PSE étaient reliés à la pluviométrie (orage, inondation, augmentation brutale du débit de la rivière), ou à une température élevée de l'eau distribuée. Un retour d'eaux usées a également été identifié (Tableau 8). Ce tableau met également en évidence une évaluation hétérogène d'un département à l'autre. Si certains facteurs de risque ont été recherchés systématiquement par l'ensemble des participants (NC pendant la PSE), d'autres non (historique des NC dans SISE-Eaux, données de l'auto-surveillance des exploitants...).

Les agrégats qui ont été classés en plausibilité hydrique forte étaient tous associés à des NC pendant la PSE, avec l'identification d'un facteur de risque fort pour 2 d'entre eux (pluviométrie et retour d'eaux usées sur le réseau).

⁷ http://invs.santepubliquefrance.fr/fr/content/download/126967/451711/version/30/file/bvs_sud_17_2016.pdf

I TABLEAU 8 I

Facteurs de risques évoqués dans le classement de la plausibilité hydrique forte, probable ou possible (N=33)

		Département et agrégat																																				
		05		33										49			63					66						70			974							
	total	%	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	4			
Système de production d'eau vulnérable																																						
historique de NC	9	15%	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x																							
répétition d'agrégat ou historique d'épidémie hydrique	3	5%												x								x		x														
ressource vulnérable	5	8%	x				x															x	x	x														
traitement vulnérable ¹	6	10%	x												x	x						x												x	x			
réseau vulnérable ²	1	2%																																				
Dysfonctionnement sur le système de production d'eau*																																						
NC (E.Coli et/ou entérocoque) ou contamination très importante	6	10%		x					x													x		x				x										
NC sur une référence de qualité (bactéries coliformes,...)	2	3%																						x		x										x		
panne de chloration ou absence de chlore ³	2	3%	x																			x																
anomalie chloration ⁴	9	15%													x									x		x	x		x	x				x	x	x		
anomalie turbidité	2	3%																																		x	x	
anomalie autosurveillance bactériologie	3	5%																																		x	x	x
casses en réseau	1	2%																x																				
fuites en réseau	3	5%																	x		x	x																
Événement extérieur*																																						
précipitations importantes	3	5%	x																																			
retour d'eaux usées	1	2%		x																																		
crue, inondation, augmentation brutale du débit de la rivière	3	5%													x	x																						
température eau >22°C	1	2%												x																								
total des facteurs de risque	60	100%																																				

* pendant la PSE

1 absence de chloration, traitement non adapté, usine vétuste

2 zone sans résiduel de chlore, présence de bactéries revivifiables

3 affecte tout le réseau de distribution

4 défaut en usine, résiduel de chlore nul dans certaines zones du réseau

Plausibilité hydrique forte

La moitié des agrégats étaient dans la classe « origine indéterminée ». Ce classement résultait de critères variables selon les informations recherchées et disponibles. Ces informations étaient en particulier :

- la conformité des analyses du contrôle sanitaire réalisées autour de la date de l'agrégat, ou sur les années 2014 et 2015, ou pour un historique de 3 ans depuis 2012 ;
- la conformité des données de l'autocontrôle de l'exploitant ;
- la présence d'un résiduel de chlore dans le réseau ;
- l'absence de dysfonctionnement ou une exploitation connue pour être fiable et rigoureuse ;
- une ressource non vulnérable.

La description des agrégats selon le classement de la plausibilité hydrique en « forte », « probable » ou « possible » (Tableau 9) n'a pas fait ressortir de caractéristiques descriptives particulières d'une classe de plausibilité par rapport aux autres. Toutefois, les agrégats classés en plausibilité hydrique forte ressortaient globalement sur des populations de taille plus petite, présentaient moins d'excès de cas et étaient caractérisés par des RR plus élevés et des durées plus courtes. Néanmoins, cette classe ne comportait que 5 agrégats, ce qui est trop faible pour tester la significativité de ces différences observées.

Les agrégats en classe « origine indéterminée » ne présentaient pas de différence notable par rapport aux caractéristiques des agrégats dont la plausibilité hydrique a été évaluée, tant sur la taille de leur population, que sur les excès de cas, RR ou durée.

I TABLEAU 9 I

Nombre d'agrégats, taille de la population de l'agrégat, nombre d'excès de cas, RR et durée des agrégats (minimum, moyenne, maximum) selon le degré d'association hydrique, sur toute la zone d'étude, années 2014 et 2015 (N=66)

Population des communes concernées par un agrégat détecté

plausibilité hydrique	nombre d'agrégats	total des populations	minimum	moyenne	médiane	maximum
forte	5	19 168	479	3 834	5 185	6 320
probable	11	244 128	3 148	22 193	15 657	52 803
possible	17	280 646	902	16 509	7 762	64 353
indéterminée	33	356 554	1 035	10 805	7 707	52 803

Excès de cas

plausibilité hydrique	nombre d'agrégats	total des excès de cas	minimum	moyenne	médiane	maximum
forte	5	109	10	22	14	39
probable	11	1 004	13	91	46	286
possible	17	479	11	28	23	85
indéterminée	33	1 208	10	37	31	216

RR

plausibilité hydrique	Nombre d'agrégats	minimum	moyenne	médiane	maximum
forte	5	5,2	6,4	5,6	9,3
probable	11	1,6	2,8	1,9	6,6
possible	17	1,5	3,2	2,5	6,5
indéterminée	33	1,5	3,4	2,6	8

durée de l'agrégat (jours)

plausibilité hydrique	Nombre d'agrégats	minimum	moyenne	médiane	maximum
forte	5	5	9	6	18
probable	11	5	17	20	28
possible	17	3	13	13	28
indéterminée	33	3	13	12	27

3.5 Signaux d'agrégats répétés

Des signaux d'agrégats répétés sur une même UDI ont été détectés. Trois UDI étaient concernées avec respectivement 1, 4 et 5 répétitions sur l'UDI. C'étaient de grosses UDI, alimentant 4 à 34 communes et plus de 15 000 habitants (Tableau 10).

I TABLEAU 10 I

Description des UDI ayant des signaux d'agrégats répétés sur la période 2014-2015 : identification, nombre de communes alimentées par l'UDI, population et nombre de répétition

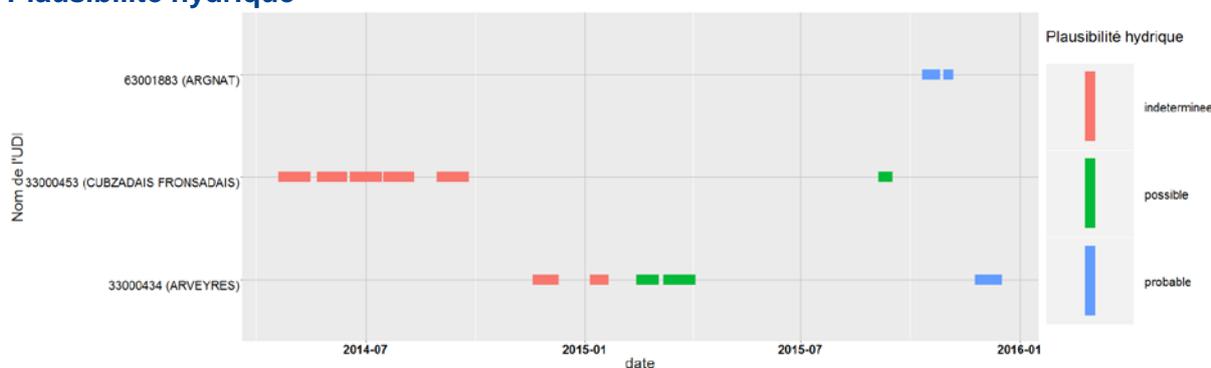
UDI (n°)	Nombre de communes	Population de l'UDI	Nombre total (signal et répétitions)
33000434	18	23 514	6
33000453	34	48 812	5
63001883	4	15 365	2

Huit signaux répétés apparaissaient sur des périodes espacées de moins de 6 jours. Cela concernait tous les signaux répétés apparaissant en 2014 sur l'UDI 33000453. L'agrégat détecté sur cette UDI était le signal isolé apparaissant en 2015. L'agrégat identifié sur l'UDI 33000434 était le 1^{er} signal apparaissant en novembre 2014. L'agrégat identifié sur l'UDI 63001883 était le signal court, précédé par une répétition (Figure 7). La plausibilité hydrique a été évaluée pour près de la moitié des signaux d'agrégats répétés.

Les nombres d'agrégats et de signaux répétés étaient trop faibles pour déterminer si leurs caractéristiques différaient (Tableau 11).

I FIGURE 7 I

Répartition dans le temps des signaux d'agrégats répétés pour chaque UDI
Plausibilité hydrique



I TABLEAU 11 I

Caractéristiques des agrégats et signaux d'agrégats répétés sur une même UDI/commune(s) sur la période 2014 et 2015, par UDI : excès de cas, RR et durée des agrégats

UDI (n°)	excès de cas	RR	durée (jours)
33000434 (ARVEYRES)	66 à 115 (66)	1.5 à 2.6 (1.5)	16 à 27 (22)
33000453 (CUBZADAIS FRONSADAIS)	24 à 140 (24)	1,5 à 4,6 (4,6)	12 à 27 (12)
63001883	16 et 28 (16)	2.2 et 5.1 (5,1)	8 et 15 (8)

() : caractéristiques de l'agrégat (1^{er} agrégat identifié, avant la réalisation des boucles)

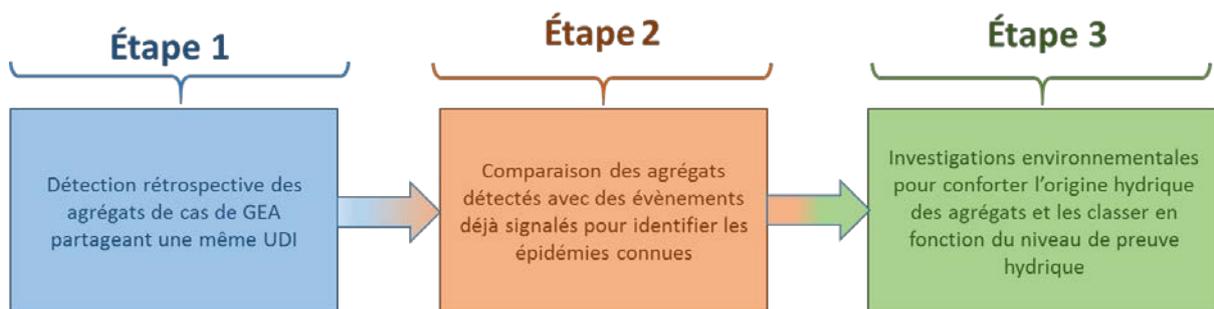
4. DISCUSSION

Cette étude pilote a porté sur 6 départements de métropole et un département d'outre-mer, représentant près de 4 400 000 habitants et la diversité des pratiques de production d'eau destinée à la consommation humaine en France. Sur deux années, plus de 910 000 cas de GEAm ont été identifiés à partir des données de l'AM ainsi que 66 agrégats de cas de GEAm. Ces agrégats apparaissaient sur des communes/UDI totalisant près de 915 000 habitants. Près de 2 820 excès de cas ont été détectés, soient 3 excès de cas pour 1 000 habitants en moyenne. La plausibilité hydrique de ces agrégats a été évaluée pour 50 % d'entre eux, en plausibilité forte (5 agrégats qui incluent les 2 épidémies connues), probable (11 agrégats) et possible (17 agrégats).

Trois étapes ont été nécessaires, pour connecter les agrégats de cas de GEAm et leur plausibilité hydrique (Figure 8). Nous allons discuter chacune de ces étapes.

I FIGURE 8 I

Les trois étapes pour détecter des agrégats de GEAm en lien avec une origine hydrique



4.1 Étape 1 : Choix de modélisation et de paramétrage

4.1.1 Modélisation

Les variantes à l'UDI (l'unité géographique est l'ensemble des communes desservies par une même UDI, en testant l'ensemble des communes (UDI1), ou avec ajouts successifs des communes (UDI2)) ont été utilisées sur tous les départements de métropole car des informations sur les populations communales desservies par les différentes UDI étaient renseignées dans la base SISE-Eaux. Le bon remplissage et la mise à jour régulière de ces informations populationnelles sont importants pour permettre l'utilisation de ces variantes dans les meilleures conditions possibles. Ces variantes sont bien adaptées pour étudier une épidémie de GEA d'origine hydrique, car elles prennent en compte la population alimentée par une même UDI. Elles permettent donc d'identifier des agrégats de cas qui sont alimentés par un même réseau d'eau potable.

Chaque département renseigne les informations concernant les populations communales desservies par chaque UDI dans SISE-Eaux. Certains départements avaient en 2016 de mauvaises couvertures communales de remplissage de cette information (Annexe 5). Une méthode alternative qui ne prend pas en compte les UDI a été recherchée pour couvrir les situations où les informations issues de SISE-eaux sont absentes ou ne sont pas utilisables. Com20km (test sur les communes limitrophes, dans un rayon de 20km) a été regardée dans cette perspective. Cette variante, comme la variante UDI2, avait été validée par une étude de simulations d'épidémies de taille, taux d'attaque et durée variables, cohérentes avec les

épidémies d'origine hydrique décrites dans la littérature, sur 3 départements et avec 3 000 simulations [28]. Les simulations avaient été introduites sur des UDI alimentant plus de 200 habitants. Les performances de ces variantes étaient bonnes (sensibilité : autour de 80 % et proportion de fausses alertes autour de 4 % (UDI2) ou de 7 % (Com20km), pour 10 excès de cas ou plus). Cette étude pilote a permis d'utiliser com20km en conditions réelles, et de comparer les résultats obtenus aux résultats des méthodes UDI1 et UDI2. En conditions réelles, la variante Com20km a conduit à la détection d'un nombre plus important d'agrégats, sur des zones géographiques plus peuplées et étendues, comportant de nombreuses communes et UDI (résultats non présentés). Ces agrégats dépassaient largement les contours des UDI. Ils n'étaient pas adaptés pour une investigation environnementale afin d'évaluer leur plausibilité hydrique. D'autres variantes sont en cours d'évaluation pour permettre de disposer d'une méthode alternative quand les variantes UDI1 et UDI2 ne sont pas applicables. La variante la plus prometteuse considère les communes limitrophes de chaque commune.

La méthode de Kulldorff avait été adaptée pour permettre l'identification de signaux apparaissant sur une même entité géographique la même année. L'année avait été choisie comme paramétrage de la méthode. En routine, le pas de temps retenu pour faire une recherche systématique d'agrégats sera sans doute réduit à 4 mois, ce qui nous permettra d'utiliser Kulldorff sans adaptation. Les UDI qui porteront des agrégats répétés pourront ainsi être identifiés sans biais de méthode.

La Réunion est un département connu pour présenter un risque hydrique important. Or peu d'agrégats ont été détectés. La Réunion est un département très particulier, avec un nombre peu élevé de grandes communes (toutes peuplées de plus de 2 000 habitants), alimentées par de nombreuses UDI. Un signal sanitaire porté par une seule UDI est ainsi dilué, d'autant plus que la fraction de la population de la commune alimentée par cette UDI est petite. Globalement il apparaît que le morcellement fréquent des territoires communaux de la Réunion en plusieurs petites UDI rend difficile l'utilisation des données rétrospectives de l'AM pour l'identification d'agrégats d'origine hydrique puisqu'il n'est pas possible de descendre à un niveau infra communal pour la localisation des GEAm. En l'absence d'une information géographique plus fine (Ilot ou IRIS de l'Insee) seuls les agrégats concernant des communes alimentées par de très grosses UDI ont des chances de pouvoir être correctement identifiés par cette méthode.

4.1.2 Paramétrage

Les paramétrages de la méthode statistique utilisée dans cette étude pilote sont apparus satisfaisants. Les 2 seules épidémies d'origine hydriques déjà connues sur ces 7 départements et 2014-2015 faisaient partie des 66 agrégats qui sont ressortis. Un 67^{ième} agrégat a été détecté, et identifié comme une Tiac dans un Ehpad. La plausibilité hydrique a pu être classée pour la moitié des agrégats, en plausibilité forte (7 %), probable (16 %) ou possible (25 %).

La spécificité de ce système de surveillance prime sur sa sensibilité, car son objectif est de statuer sur l'origine des agrégats via des enquêtes de terrain. Les paramétrages retenus doivent ainsi en premier lieu limiter les fausses alertes. L'étude de simulations d'épidémies a montré que la proportion de fausse alerte restait très limitée tant que l'on ne considérait pas les agrégats de moins de 10 excès de cas [28].

Le système de surveillance ne sera pérenne que si les enquêtes de terrain sont mises en œuvre à partir d'agrégats qui vont apporter de l'information aux acteurs locaux et permettre de réduire le risque infectieux hydrique. En conditions réelles, les agrégats détectés sont apparus sur des tailles de population allant de 480 à plus de 64 000 (médiane autour de 7 700 habitants). Dans ces conditions de détection, les épidémies impactant des UDI de moins de 500 habitants n'étaient pas ou très peu détectées. Ce qui explique le faible nombre d'agrégats

en Hautes-Alpes (05), Haute-Saône (70) et Puy-de-Dôme (63) pourtant connus pour leurs risques hydriques élevés.

À terme, l'outil de restitution des agrégats proposera par défaut une liste hiérarchisée d'agrégats (selon la valeur- p) avec les critères de RR, d'excès de cas et de durée. Le nombre de variantes ayant détecté l'agrégat sera également indiqué.

4.1.3 Évolutions

L'étude pilote effectuée n'avait pas la puissance suffisante pour étudier les critères (variante de détection, critère statistique sur la valeur- p , critère épidémiologique sur le RR ou le critère de durée) les plus associés aux agrégats ayant une plus forte plausibilité hydrique. Le retour d'expériences du déploiement de cette surveillance sur la France entière et plusieurs années permettra d'affiner les paramétrages pour augmenter la spécificité de la méthode à ne retenir que des agrégats de plausibilité hydrique forte ou probable. Elle permettra également d'augmenter sa sensibilité, en fonction de la capacité de l'ARS à assurer les enquêtes environnementales.

4.2 Étape 2 : Sélection des agrégats pour la recherche d'une plausibilité hydrique

La sélection d'agrégats pour la réalisation d'une enquête environnementale dans l'objectif d'évaluer sa plausibilité hydrique ne concerne ni les épidémies d'origine hydrique déjà identifiées et investiguées (classement en 1), ni les épidémies d'origine non hydrique déjà identifiées (GEA en Ehpad, Tiac alimentaires, GEA en collectivités, classement en 99, etc.). Pour cela, la recherche d'un signalement déjà existant doit être effectuée.

La recherche d'un signalement d'épidémie de GEA n'a pas été facile durant l'étude pilote, pour plusieurs raisons : la recherche d'informations a été effectuée courant 2017 pour des événements ayant eu lieu en 2014 et 2015 ; la base du Système d'information de veille et sécurité sanitaire (SIVSS) n'était pas encore opérationnelle dans tous les départements. Cette recherche d'information sera beaucoup plus facile quand le système de surveillance fonctionnera en routine, au plus proche des événements, avec l'utilisation de la base SIVSS qui est aujourd'hui opérationnelle dans toutes les ARS.

La répartition des cas de GEAm par classe d'âge pourra également fournir des informations pertinentes pour identifier des épidémies ayant lieu dans des établissements particuliers. En effet, toutes les classes d'âge devraient être touchées s'il s'agit d'une épidémie d'origine hydrique, alors que certaines classes d'âge seront très majoritairement impactées pour des épidémies en Ehpad ou en milieu scolaire. L'étude de la répartition des âges des cas de GEAm pourra être analysée en décrivant leur répartition, selon la taille de l'agrégat, dans 2 ou 3 classes d'âge ([1 ; 15 ans] et [16 ans et plus]) ou ([1 ; 15 ans], [16 ans; 74 ans] et [75 ans et plus]). Ces informations (nombre de cas et répartition dans chaque classe d'âge de l'agrégat, une cartographie des TI par commune (TI bruts et TI ajustés sur l'âge (en 2 voire 3 classes)) seront mises à disposition des utilisateurs dans le futur outil de surveillance.

4.3 Étape 3 : investigations environnementales et évaluation de la plausibilité hydrique

4.3.1 Période de l'investigation

Cette recherche devrait porter sur une période débutant 15 jours à 1 mois avant le début de l'agrégat, en intégrant la durée de l'agrégat (une plainte peut survenir pendant la période couverte par l'agrégat). Cette période est nommée période supposée d'exposition (PSE). Elle prend en compte les délais entre l'origine de la pollution, l'achat du médicament pour une GEA et l'exposition qui peut perdurer après l'apparition des premiers cas. Le délai de propagation d'une contamination jusqu'au robinet d'un consommateur dépend de la localisation de l'introduction de la contamination dans le système de production d'eau (ressource, station de traitement ou UDI), et des conditions hydrauliques de fonctionnement de ce système (débits, temps de séjours dans les réservoirs). La durée d'incubation est variable et dépend de l'agent microbiologique. Le délai entre l'apparition des symptômes et la consultation dépend des symptômes (nature, force et durée). Généralement, la consultation pour GEA est très rapide.

4.3.2 Classifications existantes

Plusieurs critères ont été proposés dans la littérature pour évaluer le niveau de vraisemblance de l'origine hydrique d'une épidémie. Ces critères sont principalement de nature épidémiologique et microbiologique, et secondairement lié à l'exploitation du système de production d'eau (survenue d'incidents ou d'accidents d'exploitation qui, pour les auteurs, restent moins convaincants). Deux types de classification sont utilisés :

- la classification adoptée par le *Center for Disease Control and Prevention* aux États-Unis. Elle propose 4 classes en fonction des informations fournies par les données épidémiologiques et les données sur la qualité d'eau, du niveau de preuve maximum (classe 1) au niveau de preuve minimum (classe 4) (Figure 9)[14] ;
- la classification développée par le *Communicable Disease Surveillance Center* au Pays de Galles. Elle retient 3 niveaux d'association entre l'exposition à l'eau et la survenue de l'épidémie : possiblement, probablement ou fortement associé (Figure 10) [34].

La classification américaine donne un poids plus important aux données épidémiologiques qu'aux données relatives à la qualité de l'eau alors que la classification galloise donne un poids équivalent à ces deux classes d'informations.

I FIGURE 9 I

Classification des épidémies liées à l'eau basée sur la solidité des preuves impliquant l'eau comme véhicule de transmission (source : [14])

Class	Epidemiologic data	Water quality data
I	Adequate; data provided about exposed and unexposed persons, with relative risk or odds ratio of ≥ 2 or P value of ≤ 0.05	Provided and adequate; laboratory data or historical information (e.g., reports of a chlorinator malfunction, a water main break, no detectable free-chlorine residual, or the presence of coliforms in water)
II	Adequate	Not provided or inadequate (e.g., laboratory testing of water not conducted and no historical information)
III	Provided but limited Epidemiologic data provided that did not meet the criteria for class I, or claim made that ill persons had no exposures in common besides water but no data provided	Provided and adequate
IV	Provided but limited	Not provided or inadequate

I FIGURE 10 I

Classification selon les critères du Communicable Disease Surveillance Center au Pays de Galles (source : [35, 36])

Strength of association		
Microbiology	Pathogen identified in patient is also found in water	A
	Indicator organisms and/or water-treatment problem of relevance but outbreak pathogen is not detected in water	B
PLUS		
Epidemiology	Analytical epidemiology (case control or cohort) study demonstrates association between water and illness	C
	Descriptive epidemiology suggests that the outbreak is water related and excludes obvious alternative explanations	D
↓		
Strong association	(A + C) or (A + D) or (B + C)	
Probable association	(B + D) or A only or C only	
Possible association	B only or D only	

4.3.3 Comparaison avec l'approche proposée

Dans la présente étude, l'évaluation de la probabilité d'origine hydrique a reposé sur l'existence d'un signal sanitaire qui pourrait être associé à une origine hydrique (agrégat de cas de GEAm partageant un même réseau de distribution d'eau) et sur l'identification d'une vulnérabilité du système de production d'eau ou d'un événement ayant affecté la qualité de l'eau distribuée dans ce réseau juste avant l'événement sanitaire. Nous combinons ainsi une donnée sanitaire dont l'association avec l'eau est possible (classe IV ou classe D selon les classifications des USA ou du Pays de Galles présentées Figure 9 et Figure 10) et des critères environnementaux ou microbiologiques dans l'eau qui peuvent être forts (« *provided and adequate* » ou « B ») ou suspectés. Ainsi, au mieux, les agrégats identifiés par notre système de surveillance pourront conduire à une association hydrique dans la classe III (USA) ou probable (B+D – Pays de Galles). Néanmoins, nous considérons que l'existence d'un agrégats de cas de GEAm sur un système de distribution d'eau connu pour être microbiologiquement vulnérable, ou la combinaison d'un agrégat de cas et d'une détérioration de la qualité microbiologique de l'eau distribuée peu avant le signal sanitaire constituent des arguments forts pour associer ces 2 événements.

Les méthodes de classification de l'hypothèse hydrique actuellement existantes seront à réviser car elles sont liées à une époque où la gestion de l'eau reposait essentiellement sur le contrôle de la qualité microbiologique de l'eau distribuée et sur des investigations épidémiologiques (cohortes rétrospectives, cas-témoins) effectuées au décours de quelques épidémies particulièrement visibles. A l'époque de leur construction, les bases de données médico-administratives n'existaient pas ou ne pouvaient supporter une surveillance épidémiologique adéquate. Une autre approche est ici proposée, qui devrait réviser les méthodes de classifications existantes. Cette révision doit être promue par la France car il n'y a pas à notre connaissance de systèmes de surveillance similaires ou équivalents ailleurs.

4.3.4 Le système de classification proposé combine 3 critères complémentaires

Un des objectifs de cette étude pilote était de formaliser une méthode pragmatique et partagée pour évaluer la plausibilité hydrique des agrégats de cas de GEAm, utilisable partout en

France. Pour répondre à cet objectif, l'approche préconisée a été de procéder à une évaluation de risques, du captage au robinet, à partir de 3 types de critères se combinant :

1. Critère de vulnérabilité du système AEP face au risque microbiologique. Il découle d'une analyse du risque microbiologique pour définir la vulnérabilité du système de production d'eau, de la ressource au robinet (ressource, station de traitement, réservoirs, réseau de distribution) ;
2. Critère de survenue ou de suspicion d'un dysfonctionnement dans l'exploitation (facteurs humains ou techniques) du système AEP pendant la PSE, qui pourrait être associé avec l'épidémie. L'identification d'un tel événement inhabituel découle principalement d'une enquête auprès de l'exploitant ;
3. Critère de survenue d'événements défavorables extérieurs, comme des pluies très fortes, un déversement accidentel au niveau du captage, etc.).

Ces 3 critères ont été catégorisés en plusieurs niveaux (Tableau 12 et Annexe 2.3 pour plus de détail). Les critères à considérer découlent de la connaissance actuelle des risques présents dans les systèmes AEP, et pouvant être associés aux épidémies infectieuses d'origine hydrique [17].

L'évaluation d'un agrégat s'effectuera en combinant ces trois critères selon un arbre de décision qui a été formalisé et qui sera proposé dans l'outil de surveillance (Tableau 13). Cette approche est très proche des pratiques actuelles utilisées dans certains départements. Elle est tout à fait en adéquation avec les préconisations effectuées par d'autres pour décrire les causes d'une épidémie sous la forme d'un arbre de causalité [37, 38].

I TABLEAU 12 I

Niveaux pris par les 3 catégories de critères d'évaluation de la plausibilité hydrique (exemples)

Champ couvert par le critère	1/ vulnérabilité du système de production d'eau face au risque microbiologique.	2/ dysfonctionnement ou événement associé à un dysfonctionnement du système de production d'eau	3/ événement extérieur aggravant une vulnérabilité ou un dysfonctionnement
Période couverte	Avant la PSE, depuis 2010*	pendant la PSE	pendant la PSE
Niveaux (exemples)	<p>Forte (existence d'autres agrégats de cas de GEAm sur la même UDI dans les 2 ans ; système de production d'eau connu pour être vulnérable (taux de conformité sur 3 ans dans SISE-Eaux <70% ; pas de désinfectant ; pas de périmètre de protection))</p> <p>Potentielle (système de production d'eau potentiellement vulnérable (taux de conformité sur 3 ans dans SISE-Eaux entre 71 et 95% ; existence de zones dans l'UDI sans résiduels de chlore...))</p> <p>Maîtrisée</p>	<p>Avéré (plaintes de consommateur ; NC du CS avec <i>E. coli</i> + entérocoques > 10 UFC/100ml ; panne de désinfection sur la TTP ; très forte demande en chlore inhabituelle...)</p> <p>Suspecté (NC du CS avec <i>E. coli</i>+entérocoques entre 1 et 10 UFC/100ml ; réalisation de travaux au niveau du périmètre immédiat du captage ; petite augmentation de la demande en chlore...)</p> <p>Non identifié</p>	<p>Identifié (précipitations importantes ; épandage de lisiers, animaux refusant de s'abreuver ; connexion illicite d'une station d'épuration...)</p> <p>Non identifié</p>

* : début des données d'agrégats de cas de GEAm

CS : contrôle sanitaire ; NC : non-conformité sur un indicateur bactériologique du contrôle sanitaire de l'eau ; PSE : période supposée d'exposition ; TTP : station de traitement de l'eau ; UDI : unité de distribution de l'eau ; UFC : unité formant colonie

I TABLEAU 13 I

Classement de la plausibilité hydrique d'un agrégat de cas de GEAm selon la catégorie des critères 1/de vulnérabilité du système d'alimentation en eau potable (AEP), 2/de dysfonctionnement du système AEP, 3/de l'existence d'un critère extérieur aggravant

Les cas de l'agrégat sont alimentés par le même réseau d'eau potable

1/ vulnérabilité du système de production d'eau face au risque microbiologique	2/ dysfonctionnement ou événement associé à un dysfonctionnement du système de production d'eau	3/ événement extérieur aggravant une vulnérabilité ou un dysfonctionnement	plausibilité hydrique
forte	avéré	oui	forte
potentielle	avéré	oui	forte
maitrisée	avéré	oui	forte
forte	suspecté	oui	forte
potentielle	suspecté	oui	probable
maitrisée	suspecté	oui	probable
forte	non-identifié	oui	forte
potentielle	non-identifié	oui	probable
maitrisée	non-identifié	oui	possible
Forte	avéré	non	forte
Potentielle	avéré	non	forte
Maitrisée	avéré	non	forte
Forte	suspecté	non	forte
Potentielle	suspecté	non	probable
Maitrisée	suspecté	non	possible
Forte	non-identifié	non	probable
Potentielle	non-identifié	non	possible
Maitrisée	non-identifié	non	indéterminé

4.4 Faisabilité d'une surveillance rétrospective d'épidémies d'origine hydrique France entière

4.4.1 Objectifs et périmètre de la surveillance

Les objectifs de la surveillance des épidémies de GEA d'origine hydrique à partir des données de l'AM seront *

- (i) de détecter *a posteriori* à l'échelle départementale les agrégats de cas de GEAm partageant un même réseau d'eau potable ;
- (ii) de mener des investigations sur les UDI qui alimentent les communes où résident les cas des agrégats pour rechercher la présence de facteurs environnementaux pouvant être à l'origine d'une contamination microbiologique du réseau d'eau (confirmation de l'origine hydrique) ;
- (iii) de renseigner une base de données nationale avec des informations épidémiologiques et environnementales pour chaque agrégat de cas de GEAm investigué. Des analyses ultérieures pourront être réalisées à partir de cette base

de données dans un objectif de description des facteurs de risque, de bilan épidémiologique, de rétro-information et de prévention.

La mise en œuvre de la surveillance nécessitera l'implication d'un ensemble de partenaires ayant chacun leur domaine de compétence : Santé publique France pour la détection des épidémies et l'évaluation des mesures de prévention, les autorités sanitaires régionales (ARS) et les exploitants pour les enquêtes environnementales et la mise en œuvre de mesures correctives et préventives, le ministère chargé de la santé pour la supervision de l'entreprise et l'ajustement éventuel des textes réglementaires.

4.4.2 Mise en œuvre opérationnelle du système de surveillance

4.4.2.1 Schéma fonctionnel

La réalisation de cette étude pilote indique qu'il est possible de proposer un dispositif de surveillance des épidémies de GEA d'origine hydrique depuis la récupération des données nécessaires à la surveillance jusqu'à la mise en place des actions de prévention (Figure 11). Pour atteindre sa finalité de réduction du risque, ce dispositif nécessite une sensibilisation et une mobilisation de l'ensemble des acteurs concernés (épidémiologistes, autorités sanitaires, maitres d'ouvrage, exploitants). En effet, bien que les données requises (AM et SISE-Eaux) soient directement accessibles pour Santé publique France, et que le processus de détection soit automatisé, une étape incontournable est la réalisation des enquêtes environnementales pour conforter l'origine hydrique et identifier les causes de la pollution.

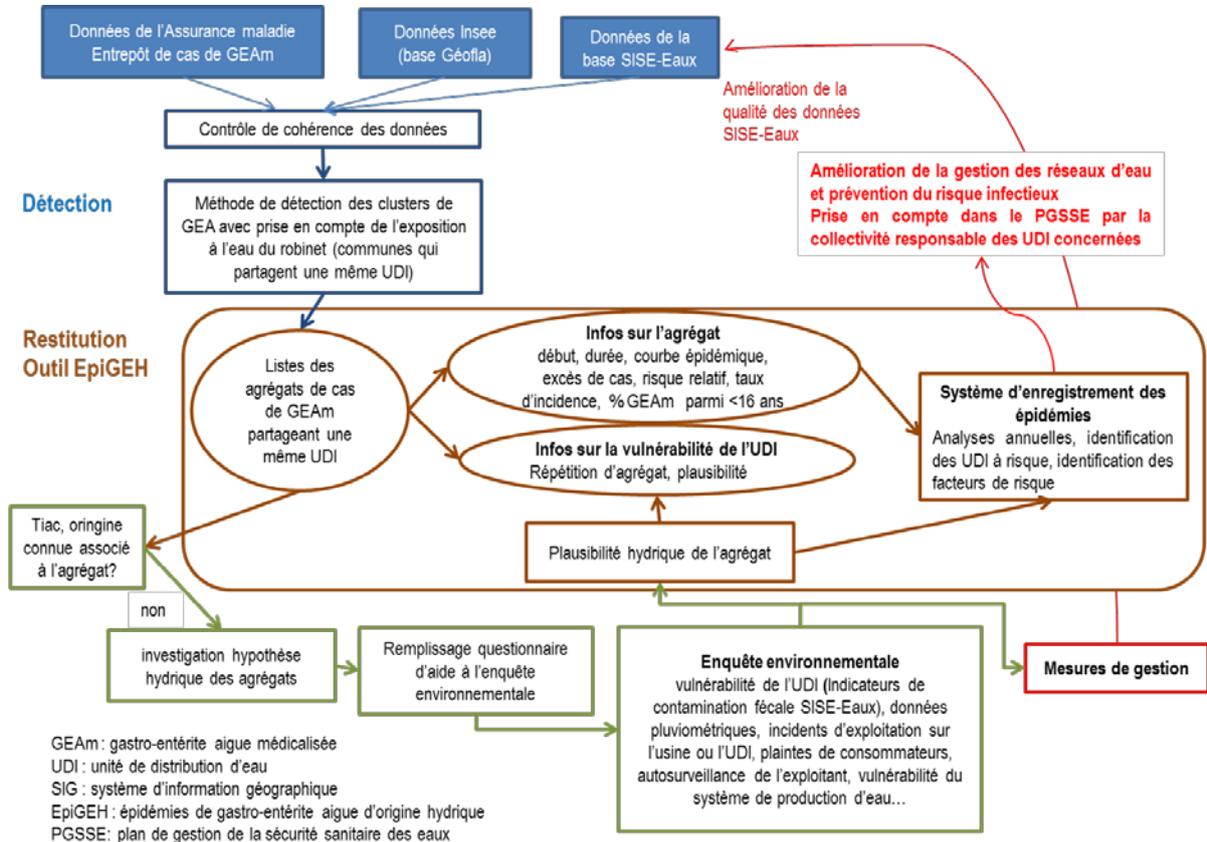
L'enquête environnementale va mobiliser des moyens humains, notamment au niveau des délégations territoriales des ARS. Le système de surveillance proposé peut parfaitement s'inscrire dans la mise en œuvre des plans de gestion de la sécurité sanitaire (PGSSE)⁸, en identifiant des systèmes AEP potentiellement très vulnérables au risque microbiologique. La réalisation d'une enquête environnementale devrait également permettre à l'ARS de mieux communiquer et de faire prendre conscience aux maitres d'ouvrages et aux exploitants de l'existence du risque microbiologique sur leur système AEP. L'identification des causes de cette vulnérabilité, et la mise en œuvre d'une maîtrise et d'une surveillance de ce risque permettra de prévenir toute nouvelle épidémie. Le nombre d'interventions en situation épidémique effective, avec tous les coûts financiers et humains associés [39, 40], devrait en conséquence diminuer.

Le dispositif de surveillance proposé va assurer une continuité parfaite entre la surveillance des épidémies et la prévention de ce risque épidémique, et sans doute également la prévention du risque infectieux véhiculé par l'eau du robinet. En effet, le risque épidémique représente une petite part du risque infectieux lié à l'eau du robinet, le risque endémique (cas sporadiques et hyper-endémiques) en constituant la majeure partie [41]. La question qui se pose alors est de savoir si ce sont les mêmes facteurs de risques qui jouent pour le risque endémique et pour le risque épidémique. On peut faire l'hypothèse qu'une partie des facteurs de risque sont communs et qu'une prévention fondée sur la surveillance des épidémies assure une réduction du risque endémique. Les données de l'AM, de SISE-Eaux et de Météo France (précipitations) peuvent par ailleurs supporter d'autres méthodes visant spécifiquement le risque endémique [42]. La mise en œuvre de ces méthodes permettrait à la fois d'estimer l'impact global de la pollution microbiologique de l'eau distribuée en France mais aussi de s'attaquer aux facteurs du risque endémique. La France est à notre connaissance le seul pays dont les données médicales et environnementales collectées en routine permettraient ces études.

⁸ Note d'information n°DGS/EA4/2018/9 du 9 janvier 2018 relative aux plans de gestion de la sécurité sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine.

I FIGURE 11 I

Schéma du dispositif de surveillance des épidémies de gastro-entérite aiguë d'origine hydrique à partir des données de l'Assurance maladie et des données de la base SISE-Eaux



4.4.2.2 Mise en place de l'enquête environnementale : le rôle de l'autorité sanitaire et des exploitants

Dans ce système de surveillance, la détection d'agrégats de cas de GEAm dont l'origine hydrique est suspectée permet d'établir une liste priorisée d'UDI pour lesquelles des enquêtes environnementales sont nécessaires. Ces enquêtes environnementales viseront à conforter l'origine hydrique des agrégats en identifiant des indicateurs de contaminations microbiologiques des réseaux d'eau ou leurs facteurs de risque. Elles viseront également à comprendre les circonstances dans lesquelles ces contaminations sont survenues.

Plusieurs sources d'information vont contribuer à ces enquêtes : données du CS de l'eau destinée à la consommation humaine (base SISE-Eaux), données d'autocontrôle (SISE-eaux et exploitant), données de pluviométrie (Météo France), de débits des cours d'eau le cas échéant (réseaux de surveillance hydrologique), plans des réseaux d'eau, cahier des plaintes (exploitant), liste des travaux effectués (exploitant), liste des incidents d'exploitation sur l'ensemble du système « captage-traitement-réservoirs et réseau de distribution » (exploitant), carte des stations d'épuration... Les visites de terrain apporteront une information complémentaire essentielle.

Une méthode d'évaluation de la plausibilité hydrique simple, souple et évolutive a été proposée à l'issue de cette étude pilote. Un questionnaire type sera incorporé à l'outil EpiGEH pour faciliter et harmoniser la réalisation de l'enquête environnementale. L'évaluation de la plausibilité hydrique sera effectuée automatiquement par EpiGEH à partir du remplissage du questionnaire. Le questionnaire et la méthode d'évaluation pourront évoluer en fonction des retours d'expériences.

La mise à disposition de la liste des UDI et des agrégats à investiguer est portée au niveau local par Santé publique France et constitue le point de départ des enquêtes environnementales. On peut postuler que plusieurs éléments discutés précédemment interviendront pour faire du dispositif de surveillance un outil opérationnel : peu de faux positifs, transmission en routine au plus proche des événements des signaux, ce qui facilitera la recherche de données de terrain pour étayer les suspicions de l'origine hydrique, et transmission d'un nombre restreint d'agrégats compatible avec la capacité d'investigation limitée par les moyens des ARS. La réalisation des enquêtes environnementales nécessite une implication et une interaction forte au niveau local de l'ARS et de l'exploitant. Elle doit se conclure par la transmission à Santé publique France, pour chaque UDI et agrégat de cas de GEAm investigués, d'un ensemble d'informations homogènes et standardisées. Cette démarche sera à mener en lien étroit avec la mise en œuvre d'un PGSSE par la collectivité responsable de l'UDI concernée. En particulier si la démarche PGSSE a été menée, il s'agira de s'assurer que l'événement identifié a bien été pris en compte dans le plan d'action associé au PGSSE.

5. CONCLUSIONS

Cette étude a permis de finaliser une méthode originale pour améliorer la détection des épidémies de GEA d'origine hydrique et de la tester dans des conditions réelles. Cette méthode intègre (i) une phase de détection d'agrégats de cas de GEA partageant une exposition commune à l'eau du robinet (les données de l'AM et de la base SISE-Eaux sont utilisées pour cette étape); et (ii) une phase de vérification et d'investigation des agrégats détectés pour conforter leur origine hydrique et les classer selon différents niveaux de preuves de l'origine hydrique. Cette méthode peut être mise en œuvre à une échelle départementale, régionale ou nationale, France entière, grâce au développement d'un outil automatisé. Ce travail a montré que la méthode était assez mûre, efficace et opérationnelle pour être déployée sur le territoire national après une standardisation *a minima* des investigations.

Ce rapport présente une nouvelle manière de surveiller la qualité microbiologique de l'eau distribuée. La méthode proposée décuple le taux de détection des épidémies. Des éléments de preuves de l'origine hydrique ont été fournis pour près de 50 % des 67 agrégats détectés, alors que seules 2 épidémies d'origine hydriques étaient connues sur la période et la zone d'étude. Le classement en plausibilité hydrique était fort pour 5 agrégats (qui incluent les 2 épidémies connues), probable pour 11 agrégats et possible pour 17 agrégats. Il paraît envisageable de classer les épidémies dont l'origine est suspectée en fonction de l'interprétation des données sanitaires et des données environnementales, à l'instar des critères proposés dans cette étude. Les investigations environnementales à mener autour des agrégats visent non seulement à identifier des indicateurs environnementaux ou humains qui confortent l'hypothèse de l'origine hydrique mais aussi à identifier les circonstances d'introduction de la pollution dans le réseau d'eau dans un objectif de prévention. La principale limite de ce système de surveillance réside dans les délais de mise à disposition et de complétude des données de l'AM, et dans les contraintes de la méthode statistique de détection des agrégats de cas. En routine, la recherche d'agrégats sera sans doute effectuée tous les 4 mois. La réalisation tardive de l'enquête environnementale empêche la recherche des agents pathogènes que ce soit chez les malades ou dans l'eau. La méthode statistique de détection des agrégats ne permet pas de bien identifier le risque hydrique sur les petites UDI de moins de 200 à 500 habitants car la méthode a été paramétrée pour ne transmettre que les agrégats avec au moins 10 excès de cas.

La méthode de surveillance testée assure une continuité parfaite entre surveillance et prévention. L'étape des investigations de terrain fournit à la fois les indicateurs d'expositions nécessaires à la surveillance du risque mais apporte aussi une information opérationnelle utile à la prévention.

En termes de santé publique, en dépit de l'apport en sensibilité de la méthode de détection des épidémies d'origine hydrique proposée, la fraction d'impact identifiée restera faible au regard de tous les cas de GEA attribuables à l'eau du robinet. La question qui se pose alors est de savoir si ce sont les mêmes facteurs de risques qui jouent pour le risque endémique et pour le risque épidémique. On peut faire l'hypothèse qu'une partie des facteurs de risque sont communs et qu'une prévention fondée sur la surveillance des épidémies assure une réduction du risque endémique. Les données de l'Assurance maladie, de SISE-Eaux et de Météo France (précipitations) peuvent par ailleurs supporter d'autres méthodes visant spécifiquement le risque endémique. La mise en œuvre de ces méthodes permettrait à la fois d'estimer l'impact global de la pollution microbiologique de l'eau distribuée en France mais aussi de s'attaquer aux facteurs du risque endémique. La France est à notre connaissance le seul pays dont les données médicales et environnementales collectées en routine permettent cela.

La méthode de surveillance proposée s'inscrit enfin dans l'évolution des recommandations de l'OMS : prenant acte des limites d'une surveillance de la qualité du produit fondée sur des

indicateurs microbiologiques de contamination fécale, l'OMS a complété ce dispositif obsolète (en ce qui concerne les pays développés) par une approche « qualité » adaptée à la production d'eau (les PGSSE). Le déploiement des PGSSE est en cours et les UDI identifiées comme à risque épidémique par notre méthode pourraient être des candidates prioritaires pour leur mise en œuvre. Les facteurs de risques identifiés peuvent en outre orienter le choix des contrôles à inclure dans le PGSSE.

Annexes

Annexe 1. Processus d'automatisation de l'identification des cas groupés

Pour chaque analyse paramétrée, les traitements informatiques se résumaient en 4 étapes : (i) le formatage et la mise en concordance des données sources, (ii) l'analyse de l'éligibilité de la variante de la méthode statistique choisie et la préparation des fichiers nécessaires à sa mise en œuvre, (iii) l'analyse spatio-temporelle des données et (iv) la préparation des résultats analytiques et cartographiques relatifs aux différents signaux identifiés (données statiques).

Le processus détaillé de traitement de ces données est présenté en Figure 12.

La mesure de la concordance entre les 3 sources de données constituait l'étape préalable au lancement des traitements statistiques. Cette concordance a été étudiée en utilisant la seule variable permettant une liaison entre les différentes sources à savoir le code Insee d'identification des communes de la zone d'étude. Ainsi, n'ont été retenues dans notre étude que les données des différentes sources pour lesquelles une concordance totale entre les 4 sources pouvait être établie. Les données brutes correspondant aux différentes sources ont été modifiées afin de correspondre à ce mode de traitement des données. Les non-concordances entre sources ont été identifiées afin d'identifier les corrections de données à mettre en œuvre au niveau des sources elles-mêmes pour des analyses ultérieures.

L'éligibilité des départements aux variantes de la méthode statistique a ensuite été déterminée à partir des données disponibles de la base SISE-Eaux. Ainsi, selon les caractéristiques des départements analysés et eu égard au seuil fixé préalablement (70 % d'UDI disposant de données concernant les effectifs de populations desservies), différentes variantes de la méthode pouvaient être utilisées. Pour chacune d'entre elles, un algorithme spécifique de préparation des données a été utilisé afin de constituer les fichiers correspondant aux données des cas intégrant les variables d'ajustement, aux coordonnées géographiques des entités géographiques d'analyse (centroïdes) et des voisins.

Le premier algorithme, dont l'utilisation était déjà documentée dans la littérature scientifique [26], correspondait à la méthode « UDI 1 ». Les algorithmes correspondant à « UDI 2 » étaient une adaptation du précédent (vis à vis des critères de peuplement des UDI). Le contenu des fichiers issu des différents algorithmes est décrit dans le Tableau 14.

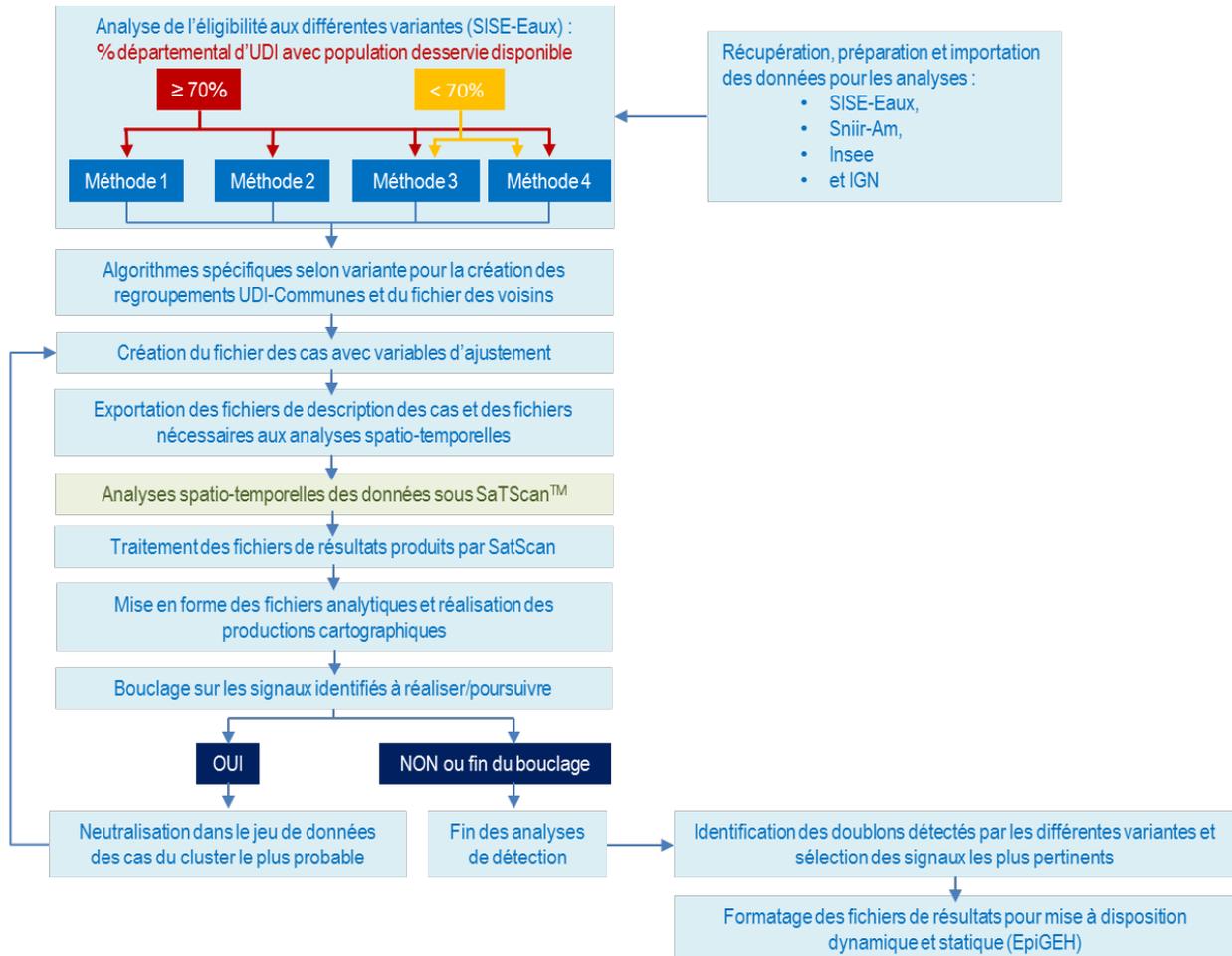
L'analyse spatio-temporelle des données a été réalisée sous SaTScan™ au moyen des fichiers produits précédemment et selon un fichier de configuration définissant les paramètres d'utilisation de la méthode de Kulldorff. Selon la variante de la méthode sélectionnée, les fichiers de résultats produits par le logiciel permettaient d'identifier les cas groupés détectés au niveau géographique d'analyse (UDI reconstituées ou communes). Concernant les analyses au niveau de la commune, dès lors que la table de voisinage identifiait une liaison possible entre plusieurs entités, les communes pour lesquelles la plausibilité de cas groupés pouvait être suspectée au sein de chaque groupe étaient isolées dans un fichier de résultats.

Pour chaque département et année de la période d'étude, un fichier de paramétrage correspondant à chaque variante de la méthode de Kulldorff et reprenant l'ensemble des critères d'analyses a été paramétré. Les analyses ont été automatisées et lancées en batch au moyen d'un script R de sorte que la réalisation de l'ensemble des traitements relatifs à l'identification des cas groupés ne requérait aucune manipulation intermédiaire.

Un tableur de synthèse identifiant par année de la période et par département les cas groupés détectés par les différentes variantes de la méthode était également généré de façon automatique au moyen du logiciel Microsoft ©Excel 2010.

I FIGURE 12 I

Processus de traitement des données pour l'identification des cas groupés



I TABLEAU 14 I

Contenu des fichiers produits pour l'analyse spatio-temporelle

Variante de la méthode	Niveau géographique d'analyse	Contenu des fichiers nécessaires aux analyses spatio-temporelles		
		Description des cas	Table de voisinage	Coordonnées géographiques
UDI 1	UDI reconstituées*	Cas par UDI reconstituée*	Vierge	UDI reconstituées*
UDI 2	Communes	Cas par commune	Communes partageant les UDI reconstituée*	Communes
Com20km	Communes	Cas par commune	Communes limitrophes	Communes
Com	Communes	Cas par commune	vierge	Communes

* UDI reconstituée selon un algorithme spécifique prenant en compte les effectifs de populations desservies [26]

Annexe 2. Classification de la plausibilité hydrique des agrégats de cas de GEAm

2. 1 Algorithme proposé par la région Occitanie et appliqué au département 66

Voir également Figure 3.

I TABLEAU 15 I

Critères de plausibilité pour définir l'association entre une épidémie de GEAm et la contamination du réseau d'eau selon les données environnementales disponibles

Niveaux	Détection de cas groupés de GEAm		Contamination du réseau par des agents microbiologiques *		Absence/défaut de chloration sur le réseau	Vulnérabilité de la ressource connue ou constatée	Précipitations importantes avant le signal **
	Unique	Répétée	Pendant ou dans les jours avant le signal	A défaut, sur l'historique connu			
1a	X				X	X	X
1b	X		X				
2a		X					
2b	X			X	X		
2c	X				X	X	
2d	X				X		X
2e	X					X	X
3a	X				X		
3b	X					X	
3c	X			X			
3d	X						X
4	X						

* selon résultats d'analyses disponibles dans SISE-Eaux ou recueillies auprès de l'exploitant

** selon données disponibles auprès de Météo-France

2.2 Algorithme proposé par La Réunion

Niveau 0 : association hydrique avérée

Signal environnemental fort : pollution avérée (contamination de captage, retour d'eau...) : les résultats bactériologiques sont exceptionnellement élevés. Une enquête de terrain a été diligentée suite à un signal sanitaire ou bien identification a posteriori d'un cluster de cas. (Exemple : dépassement des limites de qualité des eaux brutes).

Niveau 1 : association hydrique forte

Non-conformité bactériologique sur la période avec contamination fécale > 50 UFC/100ml (E. Coli, entérocoques).

Niveau 2 : association hydrique probable

Non-conformité bactériologique sur la période avec présence indicateur de contamination fécale < 50 UFC/100ml avec ou non un incident sur les paramètres techniques de fonctionnement (absence de chlore, turbidité...)

OU

Absence de désinfection

Niveau 3 : association hydrique possible

Conformité des analyses bactériologiques sur la période

ET

Incident sur les paramètres techniques de fonctionnement (absence de chlore ET/OU turbidité > 5NFU)

ET

Niveau d'équipement insuffisant (exemple : ressource en eau superficielle avec seulement un traitement de désinfection)

Niveau 4 : association hydrique indéterminée

Absence d'anomalie des paramètres techniques de fonctionnement

ET

Absence de non-conformité bactériologique

Compte tenu du morcellement fréquent des territoires communaux en plusieurs UDI à la Réunion, il conviendrait par ailleurs d'inclure un critère relatif au pourcentage de la population de la commune alimentée par le ou les UDI ayant présenté des dysfonctionnements techniques ou des non-conformités bactériologiques. Proposition en première intention de retenir une valeur de 50 % à discuter.

Niveau 99 – autre source non hydrique avérée

Tiac, GEA en Ehpad ou une autre collectivité...

2. 3 Liste des informations à rechercher définies par le groupe de travail, selon 3 critères à combiner pour déterminer une plausibilité hydrique

Les informations à rechercher sont réparties en 3 types de critères : 1/ critère de vulnérabilité du système de production face au risque microbiologique ; 2/ critère de dysfonctionnement ou associé à un dysfonctionnement du système de production de l'eau qui pourrait être associé avec l'épidémie ; 3/ critère extérieur augmentant le risque quand associé à un critère de 1/ ou de 2/. Ces critères seront combinés entre eux pour évaluer la plausibilité hydrique (voir aussi paragraphe 4.3, Tableau 12 et Tableau 13).

Événements à renseigner, informations à recueillir

Exemples de classement de la plausibilité

1/ Vulnérabilité du système face au risque microbiologique : connaissance du système de production d'eau

a/vulnérabilité du système de production d'eau : forte, potentielle, maîtrisée

critère épidémiologique – répétition d'agrégats de cas de GEAm sur le même réseau d'eau :

oui dans les 2 ans -> forte

oui depuis 2010, mais de plus de 2 ans -> potentielle

non depuis 2010 -> maîtrisée

b/vulnérabilité du système de production d'eau : forte, potentielle, maîtrisée

historique des NC sur 3 ans dans SISE-Eaux : *vulnérabilité forte (tx conformité <70 %), potentielle (entre 71 et 95 %), maîtrisée (> 95%)(seuils définis par le ministère en charge de la santé)*

c/vulnérabilité de la ressource : forte, potentielle, maîtrisée

- type de la ressource
- qualité microbiologique habituelle
- sensibilité aux précipitations
- protection de la ressource : date de Déclaration d'utilité publique, sources de pollution connues, date de dernière visite du captage

d/vulnérabilité de la station de traitement : forte, potentielle, maîtrisée

- absence de désinfectant
- Niveau d'équipement insuffisant (exemples : ressource en eau superficielle avec seulement un traitement de désinfection, filière inadaptée aux variations brutales de débit du cours d'eau))

e/ vulnérabilité du réseau de distribution : forte, potentielle, maîtrisée

- Interconnexion avec d'autres UDI pendant la PSE ? *oui -> potentielle*
- Zones sans résiduels de chlore *oui -> potentielle*
- Très long temps de séjours ou zones mortes, rendement du réseau <70% (à préciser), *oui -> potentielle*
- Possibilité d'une contamination au niveau d'un réservoir : absence de protection, pénétration d'animaux, d'insectes... *oui -> potentielle*
- Faible taux de protection des branchements, notamment protection des bornes incendie (<x%)? *oui -> potentielle*
- Antécédents de retours d'eau ? *oui -> forte ou potentielle*

2/ Critère de dysfonctionnement ou associé à un dysfonctionnement du système de production de l'eau qui pourrait être associé avec l'épidémie

Recherche d'événement(s) inhabituel(s) pendant la PSE

L'association au signal sanitaire est avérée, suspectée ou l'événement non-identifié

Plaintes de consommateurs caractéristiques d'une pollution microbiologique? *Oui -> avérée*

NC du contrôle sanitaire ou de l'auto-contrôle de l'exploitant pendant la PSE

existence et niveau d'un événement critique

Evènement critique : EN+EC entre 1 et 10 UFC/100ml -> *association suspectée*

Evènement critique : EN+EC > 10 UFC/100ml -> *association avérée*

Connaissance d'événements d'exploitation susceptibles d'être en rapport avec l'épidémie, ou de causer une contamination fécale de l'eau ?

Oui -> *avérée ou suspectée (selon la gravité de l'événement)*

pannes de désinfection sur la filière de traitement : *oui-> avérée*

pannes de rechloration en réservoir et sur le réseau de distribution : *oui-> avérée ou suspectée*

Rétention de la matière organique déficiente : défaillance décantation ou filtration : *oui avérée ou suspectée*

Présence d'une masse d'eau contaminée : *oui-> avérée ou suspectée*

Travaux réalisés au niveau du captage, effraction, pénétration d'animaux aux abords du captage, dégradation du périmètre immédiat *oui-> suspectée*

Travaux sur la filière de traitement, fragilité du traitement : coagulation floculation perturbée, plancher des filtres en mauvais état, lit filtrant défectueux, conditions de lavage des filtres non satisfaisantes..., changement récent (< 3 mois) de désinfectant, changement récent (< 3 mois) de réactif, nouvelle livraison, changement de traitement pendant la PSE ? *oui -> avérée ou suspectée*

Rupture de canalisation, travaux sur réseau, plaintes pour manque de pression ? *oui -> avérée ou suspectée*

Pollution possible de l'eau au niveau d'un réservoir : (intrusion animal, d'eau souillée...) : *oui avérée ou suspecte*

Travaux sur d'autres réseaux enterrés (électricité, gaz, assainissement,...) : *oui -> suspectée*

Variation anormale d'un paramètre mesuré en continu ou fréquemment

au niveau de la ressource (variation du pH de l'eau brute (ressource de surface)), sur l'usine, en sortie d'usine, au niveau des réservoirs ou des stations de chloration, dans le réseau de distribution ? *oui -> avérée ou suspectée*

Demande en chlore inhabituellement élevée? *oui-> avérée ou suspectée*

3/ Critères extérieurs, conjoncture avec des événements extérieurs pendant la PSE et jusqu'à 1 mois avant la PSE pour certaines ressources (une pollution peut mettre plusieurs jours voire semaines avant d'arriver au niveau d'une ressource mal protégée)

Événement extérieur identifié ou non-identifié.

La plausibilité hydrique sera forte (si existence de la conjoncture, ou si l'événement extérieur est un facteur de risque reconnu pour les épidémies d'origine hydrique) ou potentielle (existence de l'événement sur un système de production non fortement vulnérable à cet événement), ou l'événement non-identifié

Conjoncture météorologique : précipitations importantes oui/non

Oui avec ressource fortement vulnérable aux précipitations -> forte

Oui avec ressource non fortement vulnérable aux précipitations -> potentielle

Conjoncture agricole (période d'épandage des lisiers et fumiers) oui/non

Oui sans périmètre de protection -> forte

Oui avec bon périmètre de protection -> potentielle

Évènement inhabituel sur le bassin d'alimentation du captage oui/non

- déversement accidentel sur le bassin d'alimentation du captage ?
- Signalement d'animaux refusant de s'abreuver ?

Oui sans périmètre de protection -> forte

Oui avec bon périmètre de protection -> potentielle

- Présence de poissons morts au niveau de la prise d'eau (la ressource est une eau de surface)? *Oui -> forte*

Retours d'eau

Connaissance d'une connexion illicite avec un réseau interne d'une station d'épuration ou d'usines possédant un réseau interne d'eau technique pendant la PSE. *Oui -> forte*

Soutirages aux bornes et poteaux d'incendie pendant la PSE (incendie, essais pompiers, soutirages sauvages) : *oui -> potentielle*

Importance des données météorologiques

Pour certaines ressources, une forte pluviométrie ou des épisodes orageux sont très souvent associés aux épidémies connues [43], couplés à une défaillance ou inadaptation du système de production d'eau. Ces événements météorologiques peuvent être très localisés dans le temps et l'espace, et avoir un impact sur le système de production d'eau s'ils touchent le bassin versant ou le périmètre de protection du captage, une station de traitement des eaux usées située à proximité du captage, etc. Des informations précises peuvent être collectées auprès d'acteurs locaux, interrogés quelques semaines après l'événement pour réduire les biais de mémorisation. Météo France peut être une source d'information. Une réflexion va être entreprise avec Météo France pour déterminer l'existence et la faisabilité de disposer d'une information pertinente, si possible de façon automatique. Dans le cas de prises d'eau de surface, c'est la variation brutale du débit du cours d'eau et par suite sa qualité qui peuvent avoir un impact sur la qualité de l'eau produite par un manque d'adaptation des réactifs injectés à ces variations soudaines de qualité de l'eau brute. Les réseaux de surveillance en continu des débits constituent dans ce cas une aide précieuse.

Annexe 3. Descriptions détaillées des communes et des UDI de la zone d'étude

Description des communes (nombre total et par classe de population)

département	Total population	total communes (%)	Nombre de communes				
			<200 (%)	[200,500[(%)	[500,2000[(%)	[2000,10 000[(%)	>=10 000 (%)
05	130 250	172 (7)	61 (35)	61 (35)	39 (23)	9 (5)	2 (1)
33	1 514 531	542 (23)	61 (11)	145 (27)	206 (38)	107 (20)	23 (4)
49	767 740	357 (15)	13 (4)	70 (20)	184 (52)	84 (24)	6 (2)
63	638 169	470 (20)	94 (20)	164 (35)	158 (34)	45 (10)	9 (2)
66	392 640	226 (10)	82 (36)	36 (16)	54 (24)	50 (22)	4 (2)
70	239 402	545 (23)	262 (48)	186 (35)	81 (15)	15 (3)	1 (0)
974	843 424	24 (1)	-	-	-	7 (29)	17 (71)
total	4 360 631	2336 (100)	573 (25)	662 (28)	722 (31)	317 (14)	62 (3)

Source : Données Insee 2013 ;

Description des UDI (nombre total et par classe de population)

UDI						
département	Total (%)	<200 (%)	[200,500[(%)	[500,2000[(%)	[2000,10 000[(%)	>=10 000 (%)
05	466 (22)	346 (74)	77 (17)	35 (8)	7 (2)	1 (0)
33	129 (6)	1 (1)	5 (4)	19 (15)	70 (54)	34 (26)
49	74 (4)	5 (7)	3 (4)	20 (27)	36 (49)	10 (14)
63	557 (27)	388 (70)	67 (12)	56 (10)	30 (5)	16 (3)
66	267 (13)	150 (56)	20 (7)	40 (15)	54 (20)	3 (1)
70	406 (20)	179 (44)	117 (29)	85 (21)	24 (6)	1 (0)
974	177 (9)	20 (11)	20 (11)	39 (22)	75 (42)	23 (13)
total	2076 (100)	1089 (52)	309 (15)	294 (14)	296 (14)	88 (4)

Source : Données SISE-Eaux (2017)

Répartition des communes selon la correspondance commune/UDI : nombre (et %) de communes dans les différentes classes de répartition commune/UDI

Département	1 commune et 1 UDI (%)	1 commune et N UDI (%)	N communes et 1 UDI (%)	N communes et N UDI (%)
05	44 (26)	63 (37)	27 (16)	38 (22)
33	72 (13)	31 (6)	349 (64)	90 (17)
49	119 (33)	9 (3)	216 (61)	13 (4)
63	76 (16)	18 (4)	350 (74)	26 (6)
66	11 (5)	3 (1)	202 (89)	10 (4)
70	36 (7)	3 (1)	302 (55)	204 (37)
974	0 (0)	24 (100)	0 (0)	0 (0)
total	358 (15)	151 (6)	1446 (62)	381 (16)

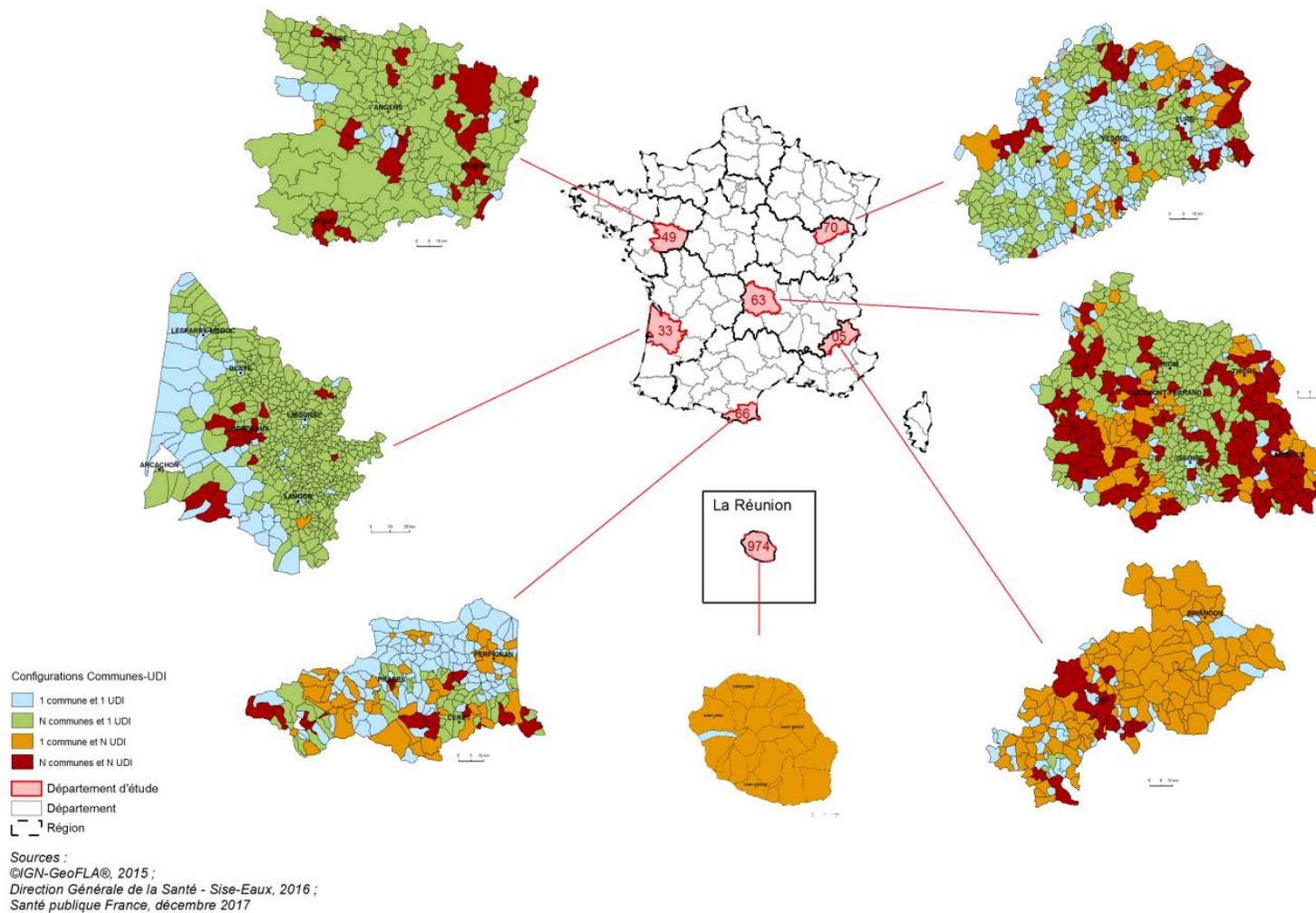
Source : Données SISE-Eaux (2017)

Répartitions communes/UDI : percentiles 25, 50 et 75 et maximum des nombres d'UDI par commune et de communes par UDI par département de la zone d'étude

département	Nombre d'UDI/commune				Nombre de communes/UDI			
	p25	médiane	p75	maximum	p25	médiane	p75	maximum
05	2	2	3	12	1	1	1	4
33	1	1	1	6	1	2	5	34
49	1	1	1	6	1	2	4	19
63	1	1	2	15	1	1	1	53
66	1	1	2	4	1	1	1	10
70	1	1	1	7	1	1	1	18
974	4	7	9	17	1	1	1	1

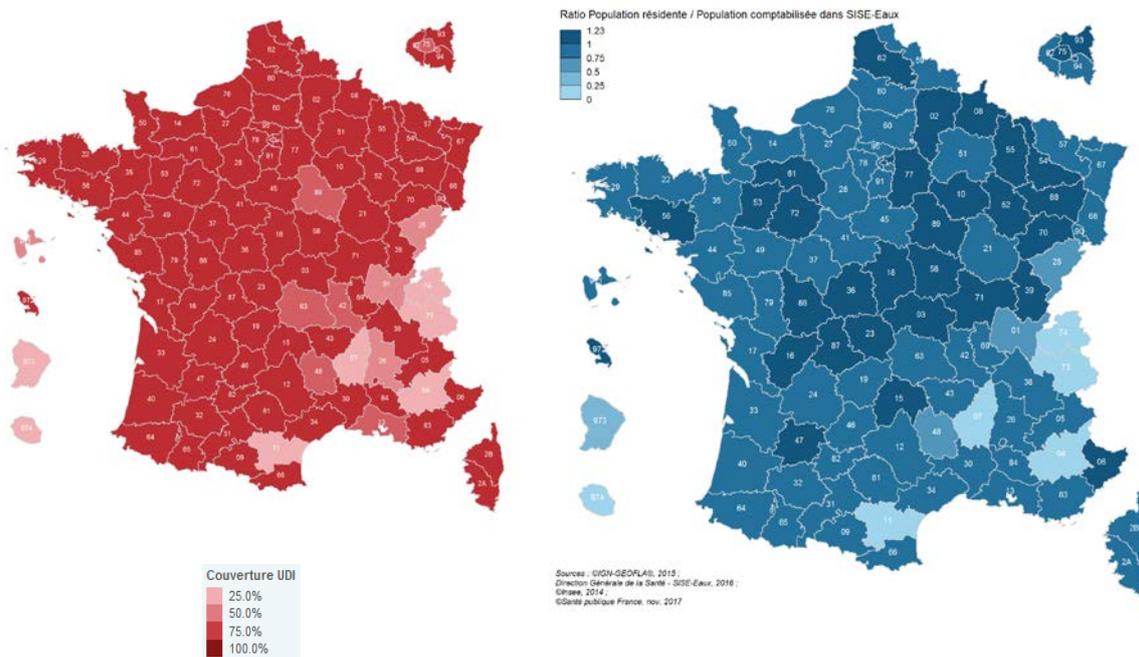
Source : Données SISE-Eaux (2017)

Annexe 4. Contours des communes et des UDI sur les 7 départements de l'étude

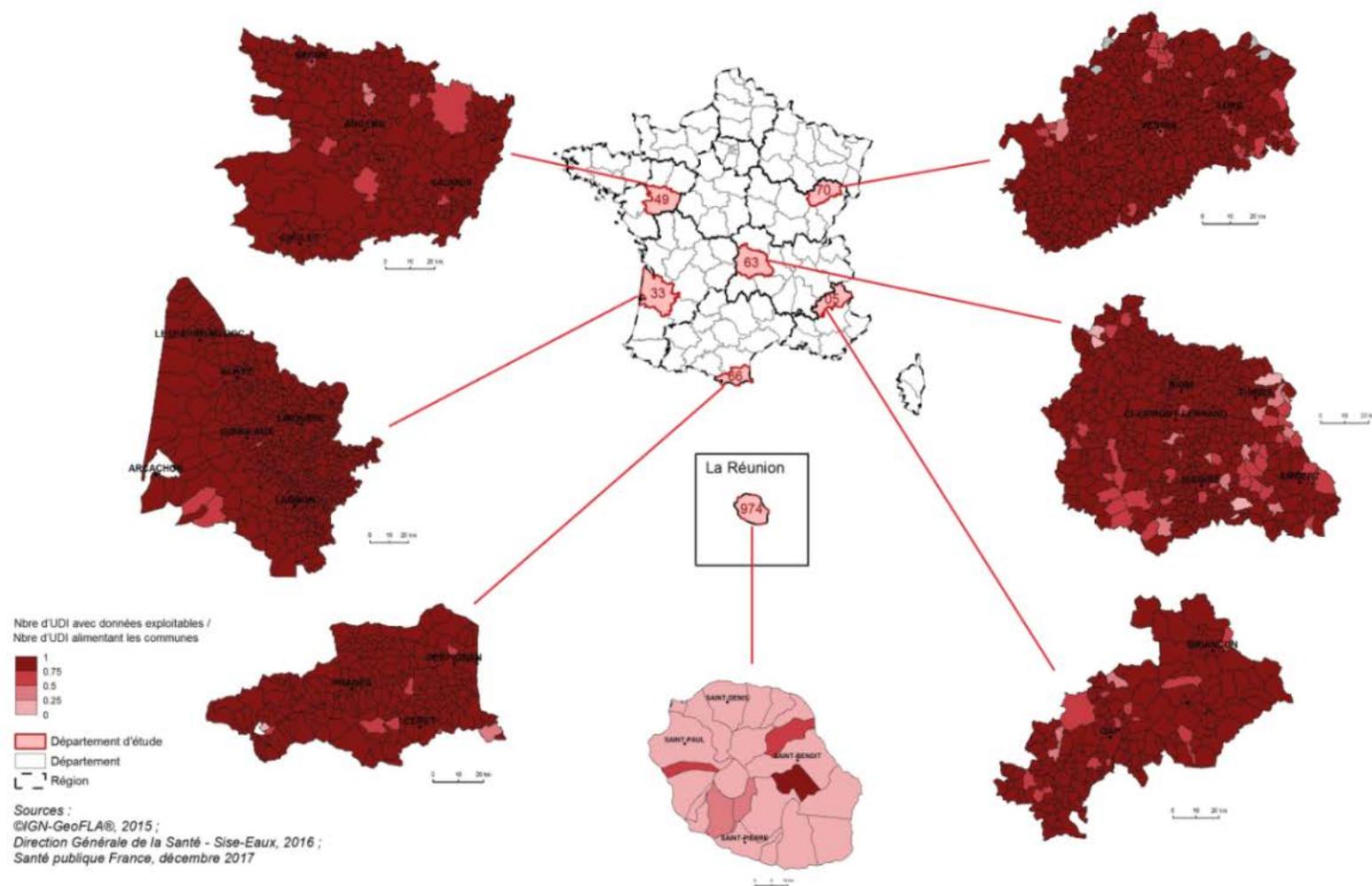


Annexe 5. Qualité de renseignement des populations UDI-communes dans SISE-Eaux

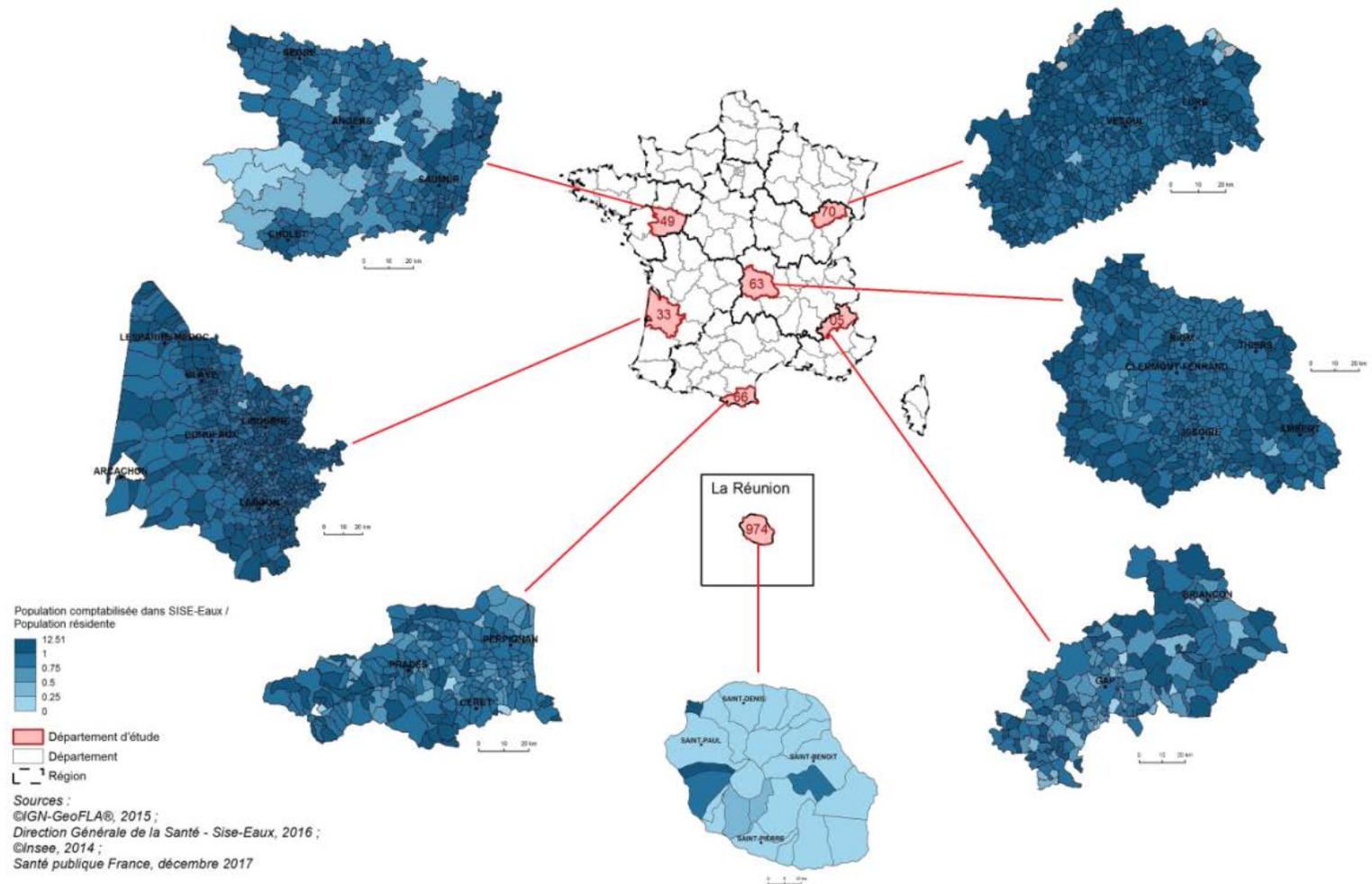
Couverture communale des données de population renseignée dans la base SISE-Eaux par rapport aux données Insee 2014 : % des UDI renseignées (gauche) et % de la population couverte (droite) par département France entière



Rapport entre le nombre d'UDI avec des données de population exploitable et le nombre total d'UDI, par commune



Rapport entre les données des populations communales SISE-Eaux et Insee, par commune



Annexe 6. Liste des agrégats de cas de GEAm transmise aux Cire/ARS, avec leurs caractéristiques, les UDI et les communes concernées, par département

département - année	caractéristiques de l'agrégat					UDI de l'agrégat	Communes de l'agrégat
	N°	début	fin	RR	nbre d'excès de cas		
05-2014	05-1	15/03/2014	29/03/2014	3,0	18	05000949 (CASSES-VIVERT (LES)), 05000950 (AUBINS+ODOULS+BERNARDS), 05000974 (CHEF LIEU), 05002170 (CLOTS+CARLES+HSCLES+GRANES+BRES), 05002200 (BORELS+CESARIS+ST PANCRACE)	BATIE NEUVE (LA) (05017)
05-2015	05-2	24/10/2015	10/11/2015	5,6	10	05001113 (CHEF LIEU + SOUS LA ROCHE), 05001114 (LE VILLARD), 05001115 (LA BROUE+LES RECLAS), 05001116 (ESPARCELET+PREAUX+HAUTS ST FIRMIN), 05001362 (LA FAURIE), 05003984 (MOSSUC)	SAINTE FIRMIN (05142)
département - année	caractéristiques de l'agrégat					UDI de l'agrégat	Communes de l'agrégat
	N°	début	fin	RR	nbre d'excès de cas		
70-2014	70-1	16/06/2014	24/06/2014	6,6	11	70000889 (SIAEP DE VELLEFAUX)	VALLEROIS LORIOZ (70517), VELLEFAUX (70532)
70-2014	70-2	10/11/2014	21/11/2014	5,2	19	70000858 (SIAEP DES FONTENOTTES)	FOUCHECOURT (70244), BUFFIGNECOURT (70106), BAULAY (70056), PURGEROT (70427)
70-2015	70-3	07/03/2015	02/04/2015	2,9	19	70000857 (RESEAU ESPRELS)	PONT SUR L'OGNON (70219), VALLEROIS LE BOIS (70420), ESPRELS (70516)
70-2015	70-4	13/03/2015	28/03/2015	4,1	17	70000832 (SIAEP DE BREUCHES)	VISONCOURT (70571), EQUEVILLEY (70214), SAINTE MARIE EN CHAUX (70470), LA VILLEDIEU EN FONTENETTE (70555), BROTTÉ LES LUXEUIL (70098), VELORCEY (70541), EHUNS (70213), MEURCOURT (70344), VILLERS LES LUXEUIL (70564), ABELCOURT (70001), LA CHAPPELLE LES LUXEUIL (70128), BAUDONCOURT (70055), BREUCHES (70093)
70-2015	70-5	24/07/2015	29/07/2015	8,0	10	70000737 (PESMES)	PESMES (70408)

département - année	caractéristiques de l'agrégat					UDI de l'agrégat	Communes de l'agrégat
	N°	début	fin	RR	nbre d'excès de cas		
66-2014	66-1	20/02/2014	27/02/2014	3,0	19	66000026 (VILLELONGUE DE LA SALANQUE)	VILLELONGUE DE LA SALANQUE (66224)
66-2014	66-2	28/03/2014	02/04/2014	5,2	39	66000747 (CONFLENT 1), 66002178 (CONFLENT 2), 66002179 (CONFLENT 3)	EUS (66074), PRADES (66149)
66-2014	66-3	29/03/2014	04/04/2014	7,8	13	66000288 (LATOUR DE FRANCE)	LATOUR DE FRANCE (66096)
66-2014	66-4	31/03/2014	27/04/2014	2,5	22	66000228 (ESTAGEL)	ESTAGEL (66071)
66-2014	66-5	14/06/2014	30/06/2014	2,1	30	66000140 (CABESTANY)	CABESTANY (66028)
66-2014	66-6	17/06/2014	23/06/2014	4,1	17	66000065 (TORREILLES VILLAGE), 66000067 (TORREILLES PLAGE)	TORREILLES (66212)
66-2014	66-7	11/10/2014	22/10/2014	2,2	37	66000545 (LE SOLER)	LE SOLER (66195)
66-2014	66-8	05/11/2014	08/11/2014	4,9	13	66000972 (BANYULS VAL AUGER)	BANYULS SUR MER (66016)
66-2014	66-9	10/12/2014	29/12/2014	2,5	26	66000686 (SYNDICAT DE BOULETERNERE)	SAINT-MICHEL DE LLOTES (66023), CORBERE (66055), BOULETERNERE (66056), CORBERE LES CABANES (66185)
66-2014	66-10	18/12/2014	23/12/2014	5,4	35	66000747 (CONFLENT 1), 66002178 (CONFLENT 2), 66002179 (CONFLENT 3)	EUS (66074), PRADES (66149)
66-2015	66-11	03/10/2015	26/10/2015	1,9	46	66000398 (PIA - SECTEUR SUD), 66004107 (PIA - SECTEUR NORD)	PIA (66141)
66-2015	66-12	16/11/2015	28/11/2015	2,7	21	66000102 (BAGES)	BAGES (66011)
66-2015	66-13	07/12/2015	24/12/2015	1,8	37	66000125 (BOMPAS)	BOMPAS (66021)

département- année	caractéristiques de l'agrégat					UDI de l'agrégat	Communes de l'agrégat
	N°	début	fin	RR	nbre d'excès de cas		
33-2014	33-1	20/03/2014	23/03/2014	2,21	30	33000432 (COBAS)	LE TEICH (33527), ARCACHON (33009), GUJAN MESTRAS (33199), LA TESTE (33529)
33-2014	33-2	30/03/2014	25/04/2014	1,86	63	33000380 (BIGANOS)	BIGANOS (33051)
33-2014	33-3	29/04/2014	03/05/2014	2,46	23	33000442 (BONNETAN)	CROIGNON (33049), LE POUT (33061), CURSAN (33083), LOUPES (33141), LIGNAN DE BORDEAUX (33145), BONNETAN (33165), CAMARSAC (33245), BEYCHAC ET CAILLAU (33252), SALLEBOEUF (33335), FARGUES SAINT HILAIRE (33363), SADIRAC (33483), SAINT SULPICE ET CAMEYRAC (33496)
33-2014	33-4	13/09/2014	17/09/2014	6,59	13	33000478 (SAUTERNES)	BOMMES (33060), SAUTERNES (33504), LEOGEATS (33237), FARGUES (33164), NOAILLAN (33307)
33-2014	33-5	29/09/2014	21/10/2014	1,68	69	33000449 (CASTELNAU)	SALAUNES (33494), MOULIS EN MEDOC (33297), AVENSAN (33022), LISTRAC MEDOC (33248), CASTELNAU DE MEDOC (33104)
33-2014	33-6	20/10/2014	22/10/2014	3,98	13	33000431 (MARCHEPRIME)	MARCHEPRIME (33555)
33-2014	33-7	06/11/2014	10/11/2014	9,28	14	33000444 (BUDOS)	BUDOS (33076), PUJOLS SUR CIRON (33343), ILLATS (33205), LANDIRAS (33225)
33-2014	33-8	18/11/2014	10/12/2014	1,54	66	33000434 (ARVEYRES)	DARDENAC (33148), GUILLAC (33196), TIZAC DE CURTON (33531), CADARSAC (33079), CAMIAC ET SAINT DENIS (33086), LUGAIGNAC (33257), DAIGNAC (33147), GREZILLAC (33194), ESPIET (33157), NERIGEAN (33303), MOULON (33298), BARON (33028), ARVEYRES (33015), GENISSAC (33185), SAINT QUENTIN DE BARON (33466), SAINT GERMAIN DU PUCH (33413), VAYRES (33539), IZON (33207)
33-2014	33-9	18/12/2014	20/12/2014	3,53	33	33002237 (LINAS)	PAREMPUYRE (33312), BLANQUEFORT (33056)

33-2015	33-10	03/03/2015	09/03/2015	6,49	11	33000471 (PELLEGRUE), 33000474 (RAUZAN)	MAURIAC (33278), BOSSUGAN (33064), COURPIAC (33135), SAINTE FLORENCE (33401), CIVRAC DE DORDOGNE (33127), BELLEFOND (33044), LUGASSON (33258), JUGAZAN (33209), MERIGNAS (33282), SAINT AUBIN DE BRANNE (33375), SAINT VINCENT DE PERTIGNAS (33488), SAINT JEAN DE BLAIGNAC (33421), ROMAGNE (33358), CABARA (33078), NAUJAN ET POSTIAC (33301), PUJOLS (33344), RUCH (33361), SAINT PEY DE CASTETS (33460), FRONTENAC (33175), BLASIMON (33057), RAUZAN (33350), BRANNE (33071)
33-2015	33-11	05/03/2015	22/03/2015	2,32	30	33000458 (LAMARQUE)	ARCINS (33010), LAMARQUE (33220), CUSSAC FORT MEDOC (33146)
33-2015	33-12	26/03/2015	19/04/2015	2,23	55	33000416 (ST LAURENT-ET-BENON)	SAINT LAURENT MEDOC (33424)
33-2015	33-13	02/04/2015	22/04/2015	2,05	37	33000498 (GAJAC), 33002242 (SAINT AUBIN)	SAINT MEDARD EN JALLES (33449), SAINT AUBIN DE MEDOC (33376)
33-2015	33-14	04/09/2015	16/09/2015	4,59	24	33000453 (CUBZADAIS FRONSADAIS)	MOUILLAC (33295), SAINT AIGNAN (33365), TARNES (33524), LA RIVIERE (33356), SAILLANS (33364), SAINT ANTOINE (33371), SAINT GERMAIN DE LA RIVIERE (33414), ASQUES (33016), SAINT MICHEL DE FRONSAC (33451), SAINT GENES DE FRONSAC (33407), MARCENAI (33266), SAINT ROMAIN LA VIRVEE (33470), VERAC (33542), VIRSAC (33553), PERISSAC (33317), MARSAS (33272), GAURIAGUET (33183), LUGON ET L'ILE DU CARNAY (33259), FRONSAC (33174), CADILLAC EN FRONSADAIS (33082), AUBIE ET ESPESSAS (33018), VILLEGOUGE (33548), CUBNEZAI (33142), SAINT LAURENT D'ARCE (33425), PRIGNAC ET MARCAMP (33339), SALIGNAC (33495), SAINT GERVAIS (33415), CAVIGNAC (33114), PEUJARD (33321), CUBZAC LES PONTS (33143), LA LANDE DE FRONSAC (33219), CEZAC (33123), GALGON (33179), SAINT ANDRE DE CUBZAC (33366)

département - année	caractéristiques de l'agrégat					UDI de l'agrégat	Communes de l'agrégat
	N°	début	fin	RR	nbre d'excès de cas		
63-2014	63-1	30/01/2014	03/02/2014	4,12	15	63001944 (PONT D'ORBEIL)	VARENNES SUR USSON (63444), AULHAT ST PRIVAT (63018), FLAT (63160), BRENAT (63051), ORBEIL (63261), ST BABEL (63321)
63-2014	63-2	19/09/2014	25/09/2014	3,05	23	63001948 (LE CENDRE ORCET VIC (LONGUES))	ORCET (63262), LE CENDRE (63069)
63-2014	63-3	03/12/2014	17/12/2014	1,72	48	63001374 (CHAMALIERES)	CHAMALIERES (63075)
63-2015	63-4	24/02/2015	02/03/2015	6,15	12	63001407 (CHARBONNIERES LES VARENNES), 63001940 (CHATEAUGAY ENVAL), 63001954 (SAEP DE RIOM)	ENVAL (63150), GIMEAUX (63167), PROMPSAT (63288), MALAUZAT (63203), BEAUREGARD VENDON (63035), CHATEAUGAY (63099)
63-2015	63-5	24/04/2015	18/05/2015	1,60	48	63001964 (SIAEP SIOULE ET MORGE)	ST PRIEST DES CHAMPS (63004), LOUBEYRAT (63011), CHARBONNIERES LES VIEILLES (63012), LISSEUIL (63025), ST GAL SUR SIOULE (63043), AYAT SUR SIOULE (63062), SAINTE CHRISTINE (63082), SAURET BESSERVE (63085), DURMIGNAT (63090), ST REMY DE BLOT (63093), MARCILLAT (63100), ARS LES FAVETS (63116), BUXIERES SOUS MONTAIGUT (63130), QUEUILLE (63140), POUZOL (63152), LA CROUZILLE (63171), NEUF EGLISE (63181), ST AGOULIN (63187), CHATEAUNEUF LES BAINS (63197), TEILHET (63198), MOUREUILLE (63208), ST HILAIRE LA CROIX (63223), ESPINASSE (63233), ST QUINTIN SUR SIOULE (63235), VITRAC (63240), GOUTTIERES (63243), ST ANGEL (63251), BLOT L'EGLISE (63285), MONTPENSIER (63286), MONTCEL (63294), TEILHEDE (63311), ST PARDOUX (63318), CHAPTUZAT (63329), ST MYON (63344), VENSAT (63347), JOZERAND (63349), ST GENES DU RETZ (63354), SERVANT (63358), LAPEYROUSE (63379), MENAT (63382), PONTGIBAUD (63388), ARTONNE (63390), CHAPDES BEAUFORT (63391), YOUX (63408), MONTAIGUT EN COMBRAILLE (63419), ST GERVAIS D'AUVERGNE (63427), LES ANCIZES COMPS (63428), COMBRONDE (63446), ST GEORGES DE MONS (63462), CHAMPS (63464), VIRLET (63471)

63-2015	63-6	05/06/2015	20/06/2015	2,13	31	63001938 (SIAEP PLAINE DE RIOM)	SARDON (63406), YSSAC LA TOURETTE (63473), CLERLANDE (63112), VARENNES SUR MORGE (63443), LA MOUTADE (63244), ST CLEMENT DE REGNAT (63332), VILLENEUVE LES CERFS (63459), PESSAT VILLENEUVE (63278), LES MARTRES SUR MORGE (63215), DAVAYAT (63135), LE CHEIX SUR MORGE (63108), THURET (63432), AUBIAT (63013), CELLULE (63068), ST SYLVESTRE PRAGOULIN (63400), CHAPPES (63089), RANDAN (63295), MENETROL (63224), ST BONNET PRES RIOM (63327), ST BEAUZIRE (63322), ENNEZAT (63148)
63-2015	63-7	29/10/2015	06/11/2015	5,09	16	63001883 (ARGNAT)	NOHANENT (63254), SAYAT (63417), BLANZAT (63042), CEBAZAT (63063)
63-2015	63-8	05/12/2015	10/12/2015	5,97	14	63001962 (SIAEP RIVE GAUCHE DE LA DORE), 63001963 (ISSERTEAUX FAYET MONTMORIN), 63004989 (AUZELLES ST JEAN)	MAUZUN (63216), ST FLOUR L'ETANG (63343), NEUVILLE (63252), BONGHEAT (63044), ESTANDEUIL (63155), TREZIOUX (63438), NERONDE SUR DORE (63249), ST DIER D'AUVERGNE (63334), SERMENTIZON (63418), GLAINE MONTAIGUT (63168), FAYET LE CHATEAU (63157), EGLISENEUVE PRES BILLOM (63146), ISSERTEAUX (63177), MONTMORIN (63239)

département - année	caractéristiques de l'agrégat					UDI de l'agrégat	Communes de l'agrégat
	N°	début	fin	RR	nbre d'excès de cas		
49-2014	49-1	10/01/2014	22/01/2014	2,11	45	49000151 (ALLONNES)	LA BREILLE LES PINS (49045), BRAIN SUR ALLONNES (49041), ALLONNES (49002)
49-2014	49-2	28/01/2014	02/02/2014	2,25	23	49000314 (SIAEP LOIR ET SARTHE)	MONTREUIL SUR LOIR (49090), SCEAUX D'ANJOU (49132), CHEFFES SUR SARTHE (49216), ETRICHE (49330), TIERCE (49347)
49-2014	49-3	16/04/2014	27/04/2014	5,62	16	49000320 (SYNDICAT SUD SAUMUROIS), 49000325 (LA FOSSE DE TIGNE-MARMANDE), 49000326 (CIZAY-LA MADELEINE)	MONTFORT (49207), LA FOSSE DE TIGNE (49142), FORGES (49141), TANCOIGNE (49342), BROSSAY (49053), MEIGNE SOUS DOUE (49198), AUBIGNE SUR LAYON (49012), CIZAY LA MADELEINE (49100), VERRIE (49370), SAINT MACAIRE DU BOIS (49302), COURCHAMPS (49113), DENEZE SOUS DOUE (49121), ARTANNES SUR THOUET (49011), LES ULMES (49359), CONCOURSON SUR LAYON (49104), ROU MARSON (49262), SAINT GEORGES SUR LAYON (49282), TIGNE (49348), LOURESSE ROCHEMENIER (49182), LES VERCHERS SUR LAYON (49365), LE COUDRAY MACOUARD (49112)
49-2014	49-4	14/10/2014	24/10/2014	4,01	19	49000257 (CHAMPIGNE)	CHENILLE CHANGE (49095), MONTGUILLON (49208), CHAMPTEUSSE SUR BACONNE (49067), LA JAILLE YVON (49161), QUERRE (49254), CHAMBELLAY (49064), SOEURDRES (49335), AVIRE (49014), CHERRE (49096), LOUVAINES (49184), MARGINE (49189), SAINT MARTIN DU BOIS (49305), THORIGNE D'ANJOU (49344), CHAMPIGNE (49065)
49-2014	49-5	23/10/2014	18/11/2014	2,57	31	49000426 (BECON LES GRANITS)	GENE (49148), BRAIN SUR LONGUENEE (49043), SAINT AUGUSTIN DES BOIS (49266), LA POUZEZE (49249), VERN D'ANJOU (49367), BECON LES GRANITS (49026)

49-2014	49-6	21/11/2014	28/11/2014	4,51	23	49000098 (COUTURES), 49000106 (CHENEHUTTE-LE MARAIS), 49000787 (SAINT MELAINE SUR AUBANCE)	SAINT SULPICE (49322), LUIGNE (49186), NOYANT LA PLAINE (49230), BRIGNE SUR LAYON (49047), LOUERRE (49181), LE THOUREIL (49346), NOTRE DAME D'ALLENCON (49227), GREZILLE (49154), SAULGE L'HOPITAL (49327), COUTURES (49115), FAVERAYE MACHELLES (49133), SAINT GEORGES DES SEPT VOIES (49279), CHEMELLIER (49091), CHENEHUTTE TREVES CUNAUT (49094), CHARCE SAINT ELLIER (49078), LES ALLEUDS (49001), AMBILLOU CHATEAU (49003), CHAVAGNES LES EAUX (49086), SAINT REMY LA VARENNE (49317), BLAISON GOHIER (49029), SAINT SATURNIN SUR LOIRE (49318), VAUCHRETIEN (49363), MARTIGNE BRIAND (49191), GENNES (49149), LA MENITRE (49201), LES ROSIERS SUR LOIRE (49261), SAINT MATHURIN SUR LOIRE (49307), BRISSAC QUINCE (49050)
49-2014	49-7	06/12/2014	27/12/2014	2,51	27	49000022 (COMBREE)	LE TREMBLAY (49354), LE BOURG D'IRE (49037), NOYANT LA GRAVOYERE (49229), COMBREE (49103)
49-2014	49-8	11/12/2014	30/12/2014	2,33	38	49000506 (BAUGE EN ANJOU), 49003593 (BAUGE - MONTPOLLIN)	BAUGE EN ANJOU (49018)
49-2014	49-9	29/12/2014	31/12/2014	7,26	17	49000098 (COUTURES), 49000106 (CHENEHUTTE-LE MARAIS), 49000787 (SAINT MELAINE SUR AUBANCE)	SAINT SULPICE (49322), LUIGNE (49186), NOYANT LA PLAINE (49230), BRIGNE SUR LAYON (49047), LOUERRE (49181), LE THOUREIL (49346), NOTRE DAME D'ALLENCON (49227), GREZILLE (49154), SAULGE L'HOPITAL (49327), COUTURES (49115), FAVERAYE MACHELLES (49133), SAINT GEORGES DES SEPT VOIES (49279), CHEMELLIER (49091), CHENEHUTTE TREVES CUNAUT (49094), CHARCE SAINT ELLIER (49078), LES ALLEUDS (49001), AMBILLOU CHATEAU (49003), CHAVAGNES LES EAUX (49086), SAINT REMY LA VARENNE (49317), BLAISON GOHIER (49029), SAINT SATURNIN SUR LOIRE (49318), VAUCHRETIEN (49363), MARTIGNE BRIAND (49191), GENNES (49149), LA MENITRE (49201), LES ROSIERS SUR LOIRE (49261), SAINT MATHURIN SUR LOIRE (49307), BRISSAC QUINCE (49050)
49-2015	49-10	14/01/2015	29/01/2015	1,92	37	49000285 (SIAEP DU LAYON), 49000334 (MONTJEAN)	RABLAY SUR LAYON (49256), SAINT AUBIN DE LUIGNE (49265), BEAULIEU SUR LAYON (49022), DENEÉ (49120), SAINT LAMBERT DU LATTAY (49292), ROCHFORD SUR LOIRE (49259)
49-2015	49-11	29/01/2015	09/02/2015	1,99	28	49000019 (CHAZE HENRY)	LA CHAPELLE HULLIN (49010), BOURG L'EVEQUE (49036), CARBAY (49038), LA PREVIERE (49056), GRUGE L'HOPITAL (49073), ARMAILLE (49081), VERGONNES (49088), SAINT MICHEL ET CHANVEAUX (49156), NOELLET (49158), L'HOTELLERIE DE FLEE (49226), BOUILLE MENARD (49248), CHATELAIS (49250), CHAZE HENRY (49309), POUANCE (49366)

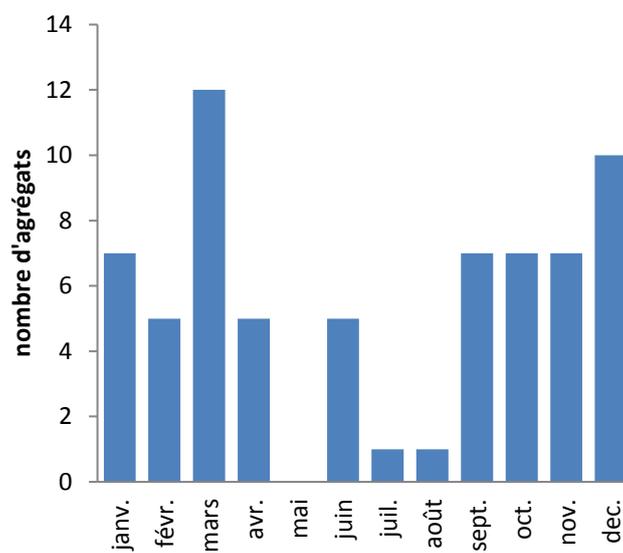
49-2015	49-12	24/02/2015	27/02/2015	3,11	19	49000314 (SIAEP LOIR ET SARTHE)	MONTREUIL SUR LOIR (49216), SCEAUX D'ANJOU (49330), CHEFFES SUR SARTHE (49090), ETRICHE (49132), TIERCE (49347)
49-2015	49-13	29/03/2015	13/04/2015	2,12	26	49000069 (SEICHES)	LA CHAPELLE SAINT LAUD (49076), CORZE (49110), SEICHES SUR LE LOIR (49333)
49-2015	49-14	09/09/2015	19/09/2015	5,04	12	49000249 (SOULAINES)	SOULAINES SUR AUBANCE (49338)
49-2015	49-15	25/09/2015	05/10/2015	2,86	18	49000460 (LE LION D'ANGERS)	MONTREUIL SUR MAINE (49155), GREZ NEUVILLE (49176), LE LION D'ANGERS (49217)
département -année	N°	début	fin	RR	nbre d'excès de cas	UDI de l'agrégat	communes de l'agrégat
974-2014	974-1	17/08/14	03/09/14	1,82	34	974000101 (RESEAU ST PHILIPPE VILLE), 974001283 (RESEAU BARIL LES HAUTS)	SAINTE-PHILIPPE (97417)
974-2014	974-2	18/09/14	05/10/14	1,5	85	974000025 (RESEAU HIRONDELLES-CHARRIER), 974000026 (RESEAU SAPHIR), 974000027 (RESEAU MANAPANY LES HAUTS), 974000030 (RESEAU ANTENNES HIRONDELLES), 974000031 (RESEAU GRANDE ANSE), 974000579 (RESEAU L'HERMITAGE), 974000764 (RESEAU PETITE ILE VILLE), 974003516 (RESEAU RAVINE DU PONT)	PETITE ILE (97405)
974-2014	974-3	24/12/14	30/12/14	1,88	48	974000018 (RESEAU ETANG-SALE VILLE), 974000020 (RESEAU MANIRON LAMBERT LES HAUTS), 974000024 (RESEAU LAFOND), 974000558 (RESEAU SOURCES NOUVELLES), 974000584 (RESEAU LES CANOTS LES HAUTS), 974000682 (RESEAU CANOTS LES BAS), 974003612 (RESEAU RAV. SECHE LES HTS), 974003614 (RESEAU SCES NOUVELLES LES HAUTS)	L'ETANG-SALE (97404)
974-2015	974-4	02/01/15	22/01/15	1,81	219	974000087 (RESEAU LE PETIT SERRE), 974003602 (RESEAU LA RIVIERE CUREPIPE), 974003603 (RESEAU LA PALISSADE (COCO 3000)), 974003605 (RESEAU ROCHES MAIGRES), 974003606 (RESEAU LA RIVIERE - HUBERT DELISLE), 974003609 (RESEAU LES MAKES NOUVEAU), 974003610 (RESEAU OUAKI), 974003623 (RESEAU LES CANAUX), 974003649 (RESEAU VILLE ST LOUIS (COCO1200)), 974003650 (RESEAU LES MAKES (ANCIEN)), 974003651 (RESEAU MAISON ROUGE - LE GOL)	SAINTE-LOUIS (97414)
974-2015	974-5	17/01/15	03/02/15	1,82	37	974000130 (RESEAU TROIS BASSINS)	TROIS BASSINS (97423)

974-2015	974-6	04/02/15	25/02/15	1,7	266	974000087 (RESEAU LE PETIT SERRE), 974003602 (RESEAU LA RIVIERE CUREPIPE), 974003603 (RESEAU LA PALISSADE (COCO 3000)), 974003605 (RESEAU ROCHES MAIGRES), 974003606 (RESEAU LA RIVIERE - HUBERT DELISLE), 974003609 (RESEAU LES MAKES NOUVEAU), 974003610 (RESEAU OUAKI), 974003623 (RESEAU LES CANAUX), 974003649 (RESEAU VILLE ST LOUIS (COCO1200)), 974003650 (RESEAU LES MAKES (ANCIEN)), 974003651 (RESEAU MAISON ROUGE - LE GOL)	SAINT-LOUIS (97414)
974-2015	974-7	26/02/15	25/03/15	1,57	286	974000087 (RESEAU LE PETIT SERRE), 974003602 (RESEAU LA RIVIERE CUREPIPE), 974003603 (RESEAU LA PALISSADE (COCO 3000)), 974003605 (RESEAU ROCHES MAIGRES), 974003606 (RESEAU LA RIVIERE - HUBERT DELISLE), 974003609 (RESEAU LES MAKES NOUVEAU), 974003610 (RESEAU OUAKI), 974003623 (RESEAU LES CANAUX), 974003649 (RESEAU VILLE ST LOUIS (COCO1200)), 974003650 (RESEAU LES MAKES (ANCIEN)), 974003651 (RESEAU MAISON ROUGE - LE GOL)	SAINT-LOUIS (97414)
974-2015	974-8	09/04/15	21/04/15	2,59	216	974000018 (RESEAU ETANG-SALE VILLE), 974000020 (RESEAU MANIRON LAMBERT LES HAUTS), 974000024 (RESEAU LAFOND), 974000558 (RESEAU SOURCES NOUVELLES), 974000584 (RESEAU LES CANOTS LES HAUTS), 974000682 (RESEAU CANOTS LES BAS), 974003612 (RESEAU RAV. SECHE LES HTS), 974003614 (RESEAU SCES NOUVELLES LES HAUTS)	L'ETANG-SALE (97404)
974-2015	974-9	09/06/15	11/06/15	3,04	34	974000016 (RESEAU RAVINE DES CITRONS), 974000017 (RESEAU VILLE LES SONGES), 974000819 (RESEAU BRAS LONG), 974000820 (RESEAU ARGAMASSE ENTRE-DEUX), 974001289 (RESEAU VILLE COTEAUX SECS)	L'ENTRE-DEUX (97403)
974-2015	974-10	17/09/15	24/09/15	2,3	51	974000007 (RESEAU CILAOS VILLE), 974000008 (RESEAU ILET A CORDES), 974000009 (RESEAU PALMISTE ROUGE), 974000010 (RESEAU PETERBOTH), 974000011 (RESEAU BRAS SEC CILAOS), 974000583 (RESEAU ILET A CALEBASSE)	CILAOS (97424)

974-2015	974-11 01/11/2015 03/11/2015 2,9 64	974000087 (RESEAU LE PETIT SERRE), 974003602 (RESEAU LA RIVIERE CUREPIPE), 974003603 (RESEAU LA PALISSADE (COCO 3000)), 974003605 (RESEAU ROCHES MAIGRES), 974003606 (RESEAU LA RIVIERE - HUBERT DELISLE), 974003609 (RESEAU LES MAKES NOUVEAU), 974003610 (RESEAU OUAKI), 974003623 (RESEAU LES CANAUX), 974003649 (RESEAU VILLE ST LOUIS (COCO1200)), 974003650 (RESEAU LES MAKES (ANCIEN)), 974003651 (RESEAU MAISON ROUGE - LE GOL)	SAINT-LOUIS (97414)
----------	-------------------------------------	---	---------------------

Annexe 7. Nombre d'agrégat selon le mois de l'année

Nombre d'agrégats par mois, pour toute la zone d'étude et 2014-2015 (N=67)



Ressources bibliographiques

1. Moreira NA, Bondelind M. Safe drinking water and waterborne outbreaks. *J Water Health*. 2017;15(1):83-96.
2. Beaudreau P, de VH, Vaillant V, Mouly D, Ledrans M, Mannschott C, *et al*. Lessons learned from ten investigations of waterborne gastroenteritis outbreaks, France, 1998-2006. *J Water Health*. 2008;6(4):491-503.
3. Benedict KM, Reses H, Vigar M, Roth DM, Roberts VA, Mattioli M, *et al*. Surveillance for Waterborne Disease Outbreaks Associated with Drinking Water - United States, 2013-2014. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2017;66(44):1216-21.
4. Efstratiou A, Ongerth JE, Karanis P. Waterborne transmission of protozoan parasites: Review of worldwide outbreaks - An update 2011-2016. *Water Res*. 2017;114:14-22.
5. Murphy HM, Pintar KD, McBean EA, Thomas MK. A systematic review of waterborne disease burden methodologies from developed countries. *J Water Health*. 2014;12(4):634-55.
6. Messner M, Shaw S, Regli S, Rotert K, Blank V, Soller J. An approach for developing a national estimate of waterborne disease due to drinking water and a national estimate model application. *J Water Health*. 2006;4 Suppl 2:201-40.
7. Colford JM, Jr., Roy S, Beach MJ, Hightower A, Shaw SE, Wade TJ. A review of household drinking water intervention trials and an approach to the estimation of endemic waterborne gastroenteritis in the United States. *J Water Health*. 2006;4 Suppl 2:71-88.
8. Corso PS, Kramer MH, Blair KA, Addiss DG, Davis JP, Haddix AC. Cost of illness in the 1993 waterborne *Cryptosporidium* outbreak, Milwaukee, Wisconsin. *Emerg Infect Dis*. 2003;9(4):426-31.
9. Chyzheuskaya A, Cormican M, Srivinas R, O'Donovan D, Prendergast M, O'Donoghue C, *et al*. Economic assessment of waterborne outbreak of cryptosporidiosis. *Emerg Infect Dis*. 2017;23(10):1650-6.
10. Laine J, Huovinen E, Virtanen MJ, Snellman M, Lumio J, Ruutu P, *et al*. An extensive gastroenteritis outbreak after drinking-water contamination by sewage effluent, Finland. *Epidemiol Infect*. 2011;139(7):1105-13.
11. Halonen JI, Kivimaki M, Oksanen T, Virtanen P, Virtanen MJ, Pentti J, *et al*. Waterborne outbreak of gastroenteritis: effects on sick leaves and cost of lost workdays. *PLoS One*. 2012;7(3):e33307.
12. Laursen E, Mygind O, Rasmussen B, Ronne T. Gastroenteritis: a waterborne outbreak affecting 1600 people in a small Danish town. *J Epidemiol Community Health*. 1994;48(5):453-8.
13. Payment P. Epidemiology of endemic gastrointestinal and respiratory diseases: Incidence, fraction attributable to tap water and costs to society. 35 éd 1997. p. 7-10.
14. Craun GF, Brunkard JM, Yoder JS, Roberts VA, Carpenter J, Wade T, *et al*. Causes of outbreaks associated with drinking water in the United States from 1971 to 2006. *Clin Microbiol Rev*. 2010;23(3):507-28.
15. Pons W, Young I, Truong J, Jones-Bitton A, McEwen S, Pintar K, *et al*. A Systematic Review of Waterborne Disease Outbreaks Associated with Small Non-Community Drinking Water Systems in Canada and the United States. *PLoS One*. 2015;10(10):e0141646.
16. Furtado C, Adak GK, Stuart JM, Wall PG, Evans HS, Casemore DP. Outbreaks of waterborne infectious intestinal disease in England and Wales, 1992-5. *Epidemiol Infect*. 1998;121(1):109-19.

17. Guide d'investigation des épidémies d'infections liées à l'ingestion d'eau de distribution. Deuxième édition. Saint-Maurice : Santé publique France; 2017. 60p
18. Yang Z, Wu X, Li T, Li M, Zhong Y, Liu Y, *et al.* Epidemiological survey and analysis on an outbreak of gastroenteritis due to water contamination. *Biomed Environ Sci.* 2011;24(3):275-83.
19. Tuppin P, Rudant J, Constantinou P, Gastaldi-Menager C, Rachas A, de Roquefeuil L, *et al.* Value of a national administrative database to guide public decisions: From the système national d'information interregimes de l'Assurance Maladie (Sniiram) to the système national des données de santé (SNDS) in France. *Rev Epidemiol Sante Publique.* 2017;65 Suppl 4:S149-S67.
20. Bounoure F, Beaudeau P, Mouly D, Skiba M, Lahiani-Skiba M. Syndromic surveillance of acute gastroenteritis based on drug consumption. *Epidemiol Infect.* 2011;139(9):1388-95.
21. Beaudeau P, Bentayeb M, Corso M, Rambaud L, Galey C. Les données de l'entrepôt de cas de gastro-entérite médicalisées issues du Sniiram : description, qualité et utilisation. Saint-Maurice : Santé publique France; 2017. 42 p.
22. Beaudeau P. Surveillance syndromique des gastro-entérites aiguës: une opportunité pour la prévention du risque infectieux attribuable à l'ingestion d'eau du robinet [Thèse de doctorat en Biologie et sciences de la santé]: Université de Rennes 1; 2012. 239 p. [consulté le 01/03/2018]. Disponible: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00795215/document>
23. Van Cauteren D, de Valk H, Vaux S, Le Strat Y, Vaillant V. Burden of acute gastroenteritis and healthcare-seeking behaviour in France: a population-based study. *Epidemiol Infect.* 2012;140(4):697-705.
24. Rambaud L, Galey C, Beaudeau P. Automated detection of case clusters of waterborne acute gastroenteritis from health insurance data - pilot study in three French districts. *J Water Health.* 2016;14(2):306-16.
25. Kulldorff M, Heffernan R, Hartman J, Assuncao R, Mostashari F. A space-time permutation scan statistic for disease outbreak detection. *PLoS Med.* 2005;2(3):e59.
26. Coly S, Vincent N, Vaissiere E, Charras-Garrido M, Gallay A, Ducrot C, *et al.* Waterborne disease outbreak detection: an integrated approach using health administrative databases. *J Water Health.* 2017;15(4):15.
27. Mouly D. Ecologie de la santé humaine: contribution à l'étude et à la surveillance des épidémies de gastro-entérite aiguë d'origine hydrique [Thèse de doctorat en Ecologie Microbienne]: Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II; 2016. Disponible: <http://www.theses.fr/2016CLF22706>
28. Gorla S, Mouly D, Rambaud L, Guillet A, Beaudeau P, Galey C. Évaluation de différentes méthodes de détection d'agrégats de cas de gastro-entérites aiguës médicalisées d'origine hydrique. Saint-Maurice : Santé publique France; 2017. 52 p.
29. Majowicz SE, Hall G, Scallan E, Adak GK, Gauci C, Jones TF, *et al.* A common, symptom-based case definition for gastroenteritis. *Epidemiol Infect.* 2008;136(7):886-94.
30. Kulldorff M. SaTScan User Guide for version 9.0. 2010:1-109.
31. Risebro HL, Doria MF, Andersson Y, Medema G, Osborn K, Schlosser O, *et al.* Fault tree analysis of the causes of waterborne outbreaks. *J Water Health.* 2007;5(SUPPL. 1):1-18.
32. La qualité de l'eau du robinet en France - Données 2013. Ministère chargé de la santé; 2016. 46 p. [consulté le 02/02/2018]. Disponible: http://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_2013_qualite_de_l_eau_du_robinet.pdf
33. La qualité de l'eau du robinet en France. Données 2012. Ministère chargé de la santé; 2014. 66 p. [consulté le 2018 April 30]. Disponible:

34. Tillett HE, De Louvois J, Wall PG. Surveillance of outbreaks of waterborne infectious disease: categorizing levels of evidence. *Epidemiol Infect.* 1998;120(1):37-42.
35. Smith A, Reacher M, Smerdon W, Adak GK, Nichols G, Chalmers RM. Outbreaks of waterborne infectious intestinal disease in England and Wales, 1992-2003. *Epidemiol Infect.* 2006;134(6):1141-9.
36. Chin J. *Control of Communicable Diseases Manual*. 17th éd. : American Public Health Association; 2000.
37. Risebro HL, Hunter PR. Surveillance of waterborne disease in European member states: a qualitative study. *J Water Health.* 2007;5 Suppl 1:19-38.
38. Poullis DA, Attwell RW, Powell SC. The characterization of waterborne-disease outbreaks. *Rev Environ Health.* 2005;20(2):141-9.
39. Daures M, Bellali H, Bidet G, Mouly D. Rapport d'investigation d'une épidémie de gastro-entérites aiguës d'origine hydrique à Pérignat-lès-Sarliève, Puy-de-Dôme. Juin-juillet 2010. Saint-Maurice ; 2011. 43 p.
40. Mansotte F, Dejean G, Coquet S, Gault G, Beaudeau P, Galey C. Retour d'expérience sur une épidémie de gastro-entérites aiguës d'origine hydrique en Gironde, juillet 2010. *Techniques Sciences Méthodes.* 2017(4):28-41.
41. Frost FJ, Craun GF, Calderon RL. Waterborne disease surveillance. *American Water Works Association Journal.* 1996;88(9):66.
42. Beaudeau P. Evaluation et caractérisation du risque d'origine fécale véhiculé par l'eau de distribution en France. Etat des lieux et perspectives en matière de recherche et de surveillance. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire; 2016. 26 p.
43. Chhetri BK, Takaro TK, Balshaw R, Otterstatter M, Mak S, Lem M, *et al.* Associations between extreme precipitation and acute gastro-intestinal illness due to cryptosporidiosis and giardiasis in an urban Canadian drinking water system (1997-2009). *J Water Health.* 2017;15(6):898-907.