

ÉPIDÉMIES DE CRYPTOSPORIDIOSE DANS UN CAMP MILITAIRE EN 2017 : À PROPOS DE LA GESTION D'UNE CRISE SANITAIRE *

Watier-Grillot Stéphanie¹, Billetorte David², Petit Cédric³, Tong Christelle¹, Costa Damien⁴, Fontan Didier⁵,
Farge Anne⁵, Demont Gwenaëlle⁶, Le Corre Alexandra⁷, Beauvir Jean-Christophe⁷, Velut Guillaume¹,
Holterbach Lise¹, Larréché Sébastien⁸, Merens Audrey⁸, Razakandrainible Romy⁴,
Selve Michelle⁵, Favennec Loïc⁴ et Pommier de Santi Vincent¹



RÉSUMÉ

En juin 2017, deux épidémies successives de gastro-entérite aiguë ont été déclarées au Centre d'épidémiologie et de santé publique des armées (CESPA). Elles sont survenues dans un camp militaire du sud-ouest de la France. La même souche du parasite *Cryptosporidium hominis* a été retrouvée parmi la population militaire touchée et dans la ressource d'eau civile, qui a été à l'origine de la contamination des réseaux d'eau public et militaire. Ces épidémies de cryptosporidiose d'origine hydrique ont entraîné une véritable crise sanitaire. Celle-ci a été gérée en plusieurs temps :

- L'alerte,
- Les mesures immédiates destinées à protéger la santé des populations civiles et militaires (restrictions d'eau) et à rétablir rapidement des conditions normales d'approvisionnement en eau de qualité conformes aux exigences réglementaires,
- Les actions à moyen-long terme (surveillance renforcée de la qualité de l'eau de la ressource, suivi de la population militaire exposée, modification pérenne de la station de traitement de l'eau, poursuite de l'enquête environnementale, etc.).

Dès l'alerte, une cellule de crise interministérielle, composée d'acteurs civils et militaires, s'est rapidement organisée. Elle a permis de mettre en place des interfaces facilitant les échanges entre les différents acteurs et, ainsi, de coordonner efficacement les actions menées, avec un bilan très positif.

Mots-clés : cryptosporidiose, *Cryptosporidium hominis*, maladie d'origine hydrique, forces armées françaises, crise sanitaire.

.../..

Reçu le 31 juillet 2018, accepté le 1^{er} octobre 2018

* Texte de la communication orale présentée lors de la Journée AEEMA, 1^{er} juin 2018

¹ Centre d'épidémiologie et de santé publique des armées, Marseille, France

² Agence régionale de santé du Tarn-et-Garonne, délégation territoriale, Albi, France

³ 541^e groupe vétérinaire, Toulouse, France

⁴ Centre national de référence cryptosporidiose, CHU de Rouen, France

⁵ Laboratoire départemental 31 EVA, Launaguët, Haute-Garonne, France

⁶ 171^e antenne médicale, Caylus, France

⁷ 109^e antenne médicale, Saint Maixent, France

⁸ Département de biologie médicale, Hôpital d'instruction des armées de Bégin, Saint-Mandé, France

.../..

ABSTRACT

*In June 2017, two successive outbreaks of acute gastroenteritis were reported to the Center for Epidemiology and Public Health of Armed Forces (CESPA). They occurred in a military camp in southwestern France. The same strain of the parasite *Cryptosporidium hominis* was found among the affected military population and in the civilian water resource, which was responsible for the contamination of the public and military water systems. These epidemics of water-borne cryptosporidiosis have led to a real health crisis. This has been managed in several stages:*

- *Alert,*
- *Immediate measures to protect the health of civilian and military populations (water restrictions) and to rapidly restore normal conditions of supply in quality water compliant with regulatory requirements,*
- *Medium and long-term actions (enhanced monitoring of the water quality of the resource, monitoring of the military population exposed, modification of the water treatment plant, continuation of the environmental investigation, etc.).*

From the moment of the alert, an interdepartmental crisis cell, including civilian and military actors, was quickly organized. It made it possible to set up interfaces facilitating exchanges between the various stakeholders and thus to coordinate effectively the actions carried out, with a very positive assessment.

Keywords: *Cryptosporidiosis, Cryptosporidium hominis, Waterborne disease, French armed forces, Health crisis.*



I - INTRODUCTION

La cryptosporidiose est une zoonose cosmopolite due à un protozoaire intracellulaire du genre *Cryptosporidium*, affectant principalement le tube digestif des hôtes vertébrés. Le symptôme principal, chez l'Homme comme l'animal, est la diarrhée. La grande majorité des épidémies surviennent à la suite de la contamination par les oocystes de *Cryptosporidium* des eaux destinées à la consommation humaine (EDCH) ou des eaux de baignade. Chez l'Homme, la prévalence de la maladie varie entre 0,6 et 2 % dans les pays industrialisés et peut atteindre plus de 30 % dans les autres pays [Boatright et Greenfield, 2005]. L'une des plus grandes épidémies est survenue en 1993 à Milwaukee, aux Etats-Unis, avec plus de 400 000 malades et plusieurs décès [Mc Kenzie *et al.*, 1994]. Deux épidémies majeures de cryptosporidiose d'origine hydrique ont été décrites en Suède en 2010 et 2011, causant au total plus de 50 000 malades [Rehn *et al.*, 2015]. La cryptosporidiose représente une préoccupation de santé publique,

en raison de son potentiel épidémique, de sa gravité chez les personnes immunodéprimées et de possibles complications liées au développement d'un syndrome de l'intestin irritable post-infectieux [Morken *et al.*, 2009 ; Rehn *et al.*, 2015 ; Thabane *et al.*, 2007]. *Cryptosporidium* spp. est classé au 5^e rang des parasites d'origine alimentaire d'importance à l'échelle mondiale [FAO/OMS, 2014].

Cependant, la cryptosporidiose reste une maladie négligée, dont l'incidence chez l'Homme et chez l'animal est mal évaluée. En Europe, en 2015, 10 915 cas confirmés ont été rapportés dans 20 pays européens, soit un taux d'incidence de 3,1/100 000 par an [ECDC, 2018a ; ECDC, 2018b ; EFSA, 2015]. En France, seuls les cas groupés de cryptosporidiose d'origine alimentaire sont soumis à la déclaration obligatoire en tant que toxi-infections alimentaires collectives. Quelques épidémies, liées à la contamination par

Cryptosporidium spp. d'installations d'EDCH, ont fait l'objet d'une enquête. Les investigations ont révélé plusieurs difficultés, liées en particulier au nombre limité d'analyses coprologiques réalisées chez les malades, entraînant un manque de données sur l'espèce parasitaire impliquée et l'impossibilité d'évaluer l'origine humaine ou animale de la contamination [Di Palma *et al.*, 2001 ; Gofti-Laroche *et al.*, 2003 ; Cohen *et al.*, 2006].

Au sein des forces armées françaises, les maladies du péril fécal font l'objet d'une surveillance épidémiologique, réalisée par le Centre d'épidémiologie et de santé publique des armées (CESPA). Il s'agit du groupe d'affections le plus

déclaré, notamment en outre-mer et en opération extérieure [Watier-Grillot, 2016]. Ces affections, qui se traduisent généralement par une gastro-entérite aiguë, revêtent une importance toute particulière en milieu militaire, dans la mesure où elles peuvent sévèrement impacter la capacité opérationnelle des combattants et compromettre une mission. Parmi les agents pathogènes isolés au cours d'épidémies investiguées par le CESPA, *Cryptosporidium* spp. n'a jusqu'alors jamais été identifié [Watier-Grillot *et al.*, 2016]. Les premières épidémies de cryptosporidiose décrites dans les armées françaises sont survenues en métropole en juin 2017. Cet article présente la gestion interministérielle de la crise sanitaire générée par ces événements.

II - RAPPELS SUR *CRYPTOSPORIDIUM* SPP.

Avant d'aborder la gestion de la crise sanitaire liée aux épidémies de cryptosporidiose rapportées dans les armées, quelques rappels sur *Cryptosporidium* spp. sont proposés. De ces éléments découlent les mesures à mettre en œuvre pour maîtriser le risque lié à la présence de cet agent dans les EDCH.

1. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES MICROBIOLOGIQUES

Cryptosporidium (*C.*) spp. est un parasite unicellulaire (protozoaire) appartenant à l'ordre des Coccidies. Trois espèces de *cryptosporidies* sont principalement impliquées dans la pathologie humaine : *C. parvum*, *C. hominis* et *C. meleagridis*. La grande majorité des cas de cryptosporidiose humaine (>90 %) sont dus à *C. parvum* (principal réservoir animal : les ruminants) ou à *C. hominis*. Les autres espèces telles que *C. felis*, *C. canis*, *C. cuniculus*, sont principalement retrouvées chez les sujets immunodéprimés (Pumipuntu et Piratae, 2018).

Le cycle de multiplication du parasite comprend des stades asexués et sexués. La multiplication du parasite s'effectue dans l'épithélium digestif de l'hôte infecté. La multiplication sexuée conduit à la formation d'oocystes (diamètre : 3-5 µm), qui sont éliminés dans les selles et sont directement infectants. Ces formes parasitaires sont caractérisées par leur grande résistance dans l'environnement. Elles restent viables et infectieuses dans l'eau et dans les fèces jusqu'à six

mois à des températures comprises entre 0 et 30 °C et jusqu'à un an dans de l'eau de mer. Les oocystes résistent à la plupart des produits chimiques utilisés pour le traitement des eaux.

L'efficacité de la chloration seule est presque nulle vis-à-vis de leur destruction. Le CT requis (produit de la concentration résiduelle de désinfectant [C], en mg/l, par le temps de contact du désinfectant [T], en minutes, à une température spécifique) peut atteindre 7 000 mg-min/l. Il est donc bien supérieur à ce qui est habituellement observé dans la majorité des usines de traitement de l'eau. En comparaison, dans des conditions similaires, l'inactivation de la bactérie *Escherichia coli* (*E. coli*) requiert un CT de moins de 1 mg-min/l [US EPA, 2001]. L'ozonisation est plus efficace, avec un CT de l'ordre de 2 à 10 mg-min/l pour une réduction de la charge de 2 logarithmes décimaux (log) et de 3 à 16 mg-min/l pour 3 log, selon la température. Les oocystes de *Cryptosporidium* spp. ne sont plus infectieux après une exposition à l'ozone (1,11 mg.L⁻¹ pendant 6 min) [Anses, 2011]. L'utilisation du rayonnement ultraviolet (UV) est également une technique efficace, capable d'éliminer de 2 à 5 log avec l'emploi de lampes dites à basse pression [US EPA, 2001]. Enfin, la floculation, la décantation ou la filtration membranaire (seuil de coupure ≤ 1 µm) restent les traitements les plus fiables afin de maîtriser le risque lié à la présence de *Cryptosporidium* spp. dans les EDCH. Une ultrafiltration ou une microfiltration permet d'obtenir une réduction de 5 log par rapport à la charge de contamination initiale [Anses, 2011].

2. TRANSMISSION

La transmission est féco-orale, par l'ingestion d'aliments ou d'eau contaminés ou par contact avec des hôtes infectés (figure 1). L'eau est le principal véhicule de la contamination alimentaire, notamment l'eau de réseau de distribution. Les fruits et les légumes (salades, carottes, radis, etc.) peuvent être contaminés par des oocystes infectieux d'origine tellurique ou hydrique (eaux brutes utilisées pour l'arrosage). Le lait, plus rarement les viandes, peuvent être contaminés par contact direct avec des fèces d'animaux ou leur environnement. Si ces aliments ne sont pas soigneusement lavés, ou pasteurisés ou cuits, ils peuvent contenir des oocystes. Les coquillages filtrants (huîtres, moules, clams), crus ou insuffisamment cuits, peuvent retenir des oocystes [Anses, 2011]. La pratique d'activités aquatiques en eaux brutes ou traitées est également un facteur de risque reconnu d'infection par *Cryptosporidium* spp, par ingestion accidentelle d'oocystes lors de ces

activités. Entre 2000 et 2014, sur les 95 épidémies associées à des eaux récréatives déclarées aux Etats-Unis et pour lesquelles un agent étiologique a été identifié, 12 (13 %) étaient dues à *Cryptosporidium* spp. [Graciaa, 2018].

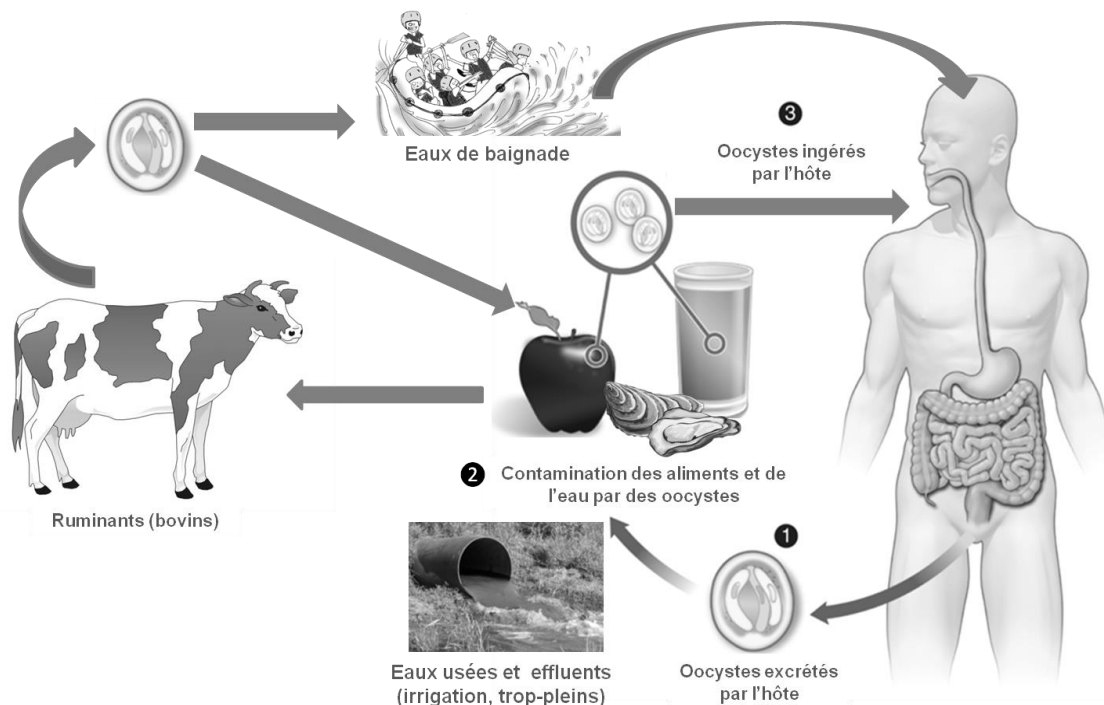
3. INFECTION - PATHOGÉNIE

La dose infectante 50 % (DI50⁹) de *C. parvum* pour des volontaires sains varie de moins de 10 à plus de 2 000 oocystes, en fonction de la souche. Pour *C. hominis*, elle a été estimée entre 10 et une centaine d'oocystes. Chez l'Homme immunodéprimé, la DI50 n'est pas connue, mais elle est de 1 à 5 oocystes chez l'animal immunodéprimé. Une relation dose-réponse¹⁰ a été établie pour la matrice eau [AFSSA, 2002].

La multiplication du parasite dans l'intestin entraîne une altération des cellules de l'épithélium digestif, provoquant des troubles digestifs, dominés par une diarrhée aqueuse importante (tableau 1).

Figure 1

Cycle de transmission de *Cryptosporidium* spp.
[d'après Levinson, 2014]



⁹ La DI50 est la dose qui provoque l'apparition de l'infection de 50 % des individus exposés, la DL50 est la dose qui provoque la mort de 50 % des individus exposés.

¹⁰ Pour un effet donné, relation entre la dose et la réponse, c'est-à-dire la probabilité de la manifestation de cet effet, dans la population.

Tableau 1
Aspects cliniques de la cryptosporidiose [d'après Anses, 2011]

Population cible	Affection cosmopolite, touchant toutes les classes d'âge, avec un sex-ratio variable.
Incubation	7 jours en moyenne.
Symptômes	<ul style="list-style-type: none"> • Principaux symptômes : diarrhée (98 %) [diarrhée aqueuse dans 81 % des cas], douleurs abdominales (60-96 %), perte de poids (50-75 %), vomissements (49-65 %), fièvre (36-59 %), nausées (35 %). • Il existe des formes asymptomatiques, dont la fréquence est mal connue. • Des formes compliquées peuvent être rencontrées : <ul style="list-style-type: none"> ○ Personnes immunodéprimées : diarrhée sévère et prolongée, atteinte biliaire (30 %), rares localisations extradigestives (pulmonaires). ○ Impact nutritionnel chez l'enfant dans les pays en développement, avec de possibles séquelles extra-digestives : douleurs articulaires, oculaires (plus fréquentes avec <i>C. hominis</i>). ○ Létalité augmentée chez l'enfant malnutri, les sujets immunodéprimés. • Durée des symptômes : 11-13 jours en moyenne.
Contagiosité	La période contagieuse, caractérisée par l'excrétion d'oocystes, s'étend du début des symptômes jusqu'à plusieurs semaines après la disparition des symptômes (infection sub-clinique).

III - RAPPELS DES FAITS - CONTEXTE

1. L'ALERTE

En juin 2017, le CESP A a été alerté en raison d'épidémies de gastro-entérite aiguë (GEA) successives, survenues le 14/06/17 et le 22/06/17 au sein de deux compagnies de militaires élèves en stage sur un camp militaire dans le département du Tarn-et-Garonne. Ce camp est principalement destiné à l'entraînement et accueille des stagiaires sur des durées de quelques jours à plusieurs semaines.

2. CONTEXTE

Ces épisodes s'inscrivaient dans un contexte d'épidémies de GEA récurrentes sur ce camp, avec six épidémies déclarées entre 2015 et 2017, toutes survenues chez des stagiaires arrivés depuis une semaine. Les investigations menées jusqu'alors avaient permis de mettre en évidence des facteurs de risque de toxi-infection alimentaire collective et de formuler des hypothèses, sans toutefois parvenir à identifier un agent étiologique, ni l'origine des contaminations.

Les facteurs de risque identifiés étaient notamment liés à des défauts de maîtrise de la sécurité sanitaire des aliments et de la qualité sanitaire de l'eau de

boisson consommée lors des activités des stagiaires.

Pendant ces activités, des repas étaient parfois élaborés par du personnel militaire ne disposant d'aucune formation dans le domaine de la restauration, ni d'aptitude médicale aux « métiers de bouche » et avec des denrées issues d'achats personnels. Les températures de conservation n'étaient pas garanties et les préparations réalisées dans des conditions dégradées : milieu extérieur, matériels de cuisson rudimentaires (ex : réchaud à gaz tri-patte), etc. Par ailleurs, lors de l'investigation d'une épidémie de GEA survenue en début d'année 2017, il a été découvert qu'un « *food-truck* », implanté sur le camp et non déclaré aux services vétérinaires des armées, fournissait régulièrement des repas aux militaires hébergés sur le camp (parfois plus de cent portions par jour). Cette structure a fait l'objet d'une inspection de la DDCSPP 82, qui a mis en évidence des fautes d'hygiène et motivé une mise en demeure. En outre, l'eau issue du réseau du camp était stockée, pendant parfois plusieurs jours (stagnation), dans des réservoirs individuels (gourdes, camelbaks®, bouteilles d'eau minérale recyclées, etc.) ou collectifs (ex : jerricans). Ces contenants, dont les embouts sont aisément souillés (manipulations par des mains sales), ne faisaient l'objet d'aucun

entretien périodique. Des contaminations croisées de l'eau étaient donc possibles.

Enfin, des défauts d'hygiène individuelle et collective étaient constatés lors des activités sur le terrain, avec des insuffisances en matière d'installations sanitaires (absence de moyens pour

le lavage des mains, anomalies de conception et manque d'entretien des toilettes). L'ensemble des mauvaises pratiques d'hygiène étaient des facteurs de risque de survenue de TIAC et/ou de d'épidémie de GEA liée à des agents pathogènes à transmission interhumaine [CESPA, données non publiées].

IV - BILAN DES INVESTIGATIONS

1. ENQUÊTE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

Les deux épidémies de juin 2017 ont causé 100 malades au total, sur un effectif d'environ 360 militaires, soit un taux d'attaque global de 28 %. Les symptômes étaient essentiellement digestifs, dominés par des diarrhées non sanglantes et des douleurs abdominales dans plus de 80 % des cas.

2. AGENT ÉTIOLOGIQUE

Le parasite *Cryptosporidium* spp. a été mis en évidence dans des échantillons de selles de malades, par une méthode de biologie moléculaire¹¹. Le typage des parasites, réalisé dans un deuxième temps par le Centre national de référence (CNR) cryptosporidiose, a permis d'identifier l'espèce *C. hominis* (sous-type IbA10G2). Ces résultats ont orienté l'enquête vers l'hypothèse d'une contamination d'origine hydrique.

Des analyses ont été effectuées sur des échantillons du réseau d'eau prélevés en différents points des installations d'EDCH civiles et militaires. La contamination de l'ensemble du réseau d'eau, depuis la ressource jusqu'à certains robinets de distribution, par la même souche de *C. hominis* que celle retrouvée chez les malades (IbA10G2) a été confirmée (figure 2).

3. ENQUÊTE ENVIRONNEMENTALE

Le réseau d'eau du camp est alimenté par le réseau d'eau public. Il dessert la zone vie principale du camp, ainsi qu'une dizaine de fermes où les stagiaires et les troupes de passage effectuent des activités d'entraînement (figure 2). Les installations de production et de distribution d'eau de la

commune qui dessert le camp militaire (« commune A » - figure 2) sont alimentées par une source d'origine karstique (captage).

La barrière de protection hydrogéologique naturelle de la ressource est très perméable (roches karstiques avec des failles). Sa qualité est par conséquent fortement influencée par les eaux superficielles.

Plusieurs activités menées au sein du camp militaire et des communes voisines de celui-ci ont pu être à l'origine de contaminations microbiologiques répétées de la ressource, notamment celles situées au sein des périmètres de protection immédiats et rapprochés de la ressource :

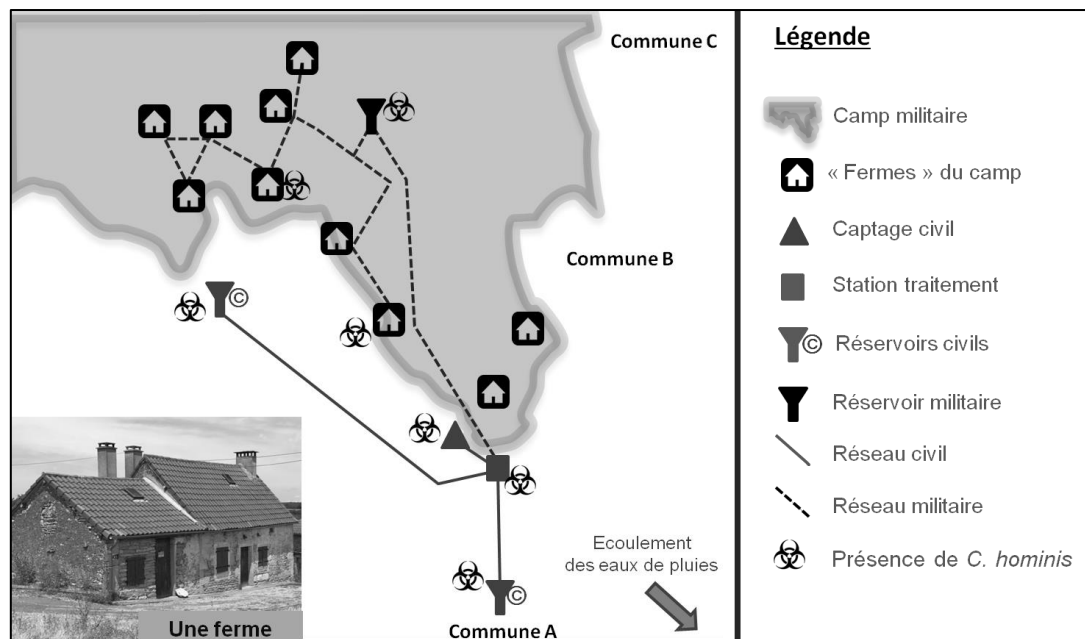
- Pour le camp militaire : la station d'épuration (STEP), les zones de lagunage et d'épandage des boues de la STEP, les installations de collecte et d'élimination des eaux usées des fermes (latrines) ;
- Pour les installations civiles : le pacage de bétail, la gestion des effluents d'élevage (fosses à lisier, épandage), les installations de collecte et d'élimination des eaux usées (fosses septiques).

4. BILAN

L'identification de la même souche de *Cryptosporidium* spp. dans l'eau du réseau du camp et dans les échantillons de selles collectés chez les malades confirme l'hypothèse d'une TIAC d'origine hydrique causée par ce parasite. En outre, l'identification du parasite dans la ressource et dans les installations d'eau civiles permet d'affirmer que celles-ci ont été à l'origine de la contamination du réseau d'eau du camp. Ces éléments ont été à l'origine d'une véritable crise sanitaire, dont les modalités de gestion sont présentées ci-dessous.

¹¹ Le FilmArray®/ panel Gastrointestinal (GI) est un outil de biologie moléculaire, fondé sur une technique de PCR multiplex, permettant la recherche simultanée de 22 agents pathogènes responsables de GEA (incluant les agents de TIAC). Une présentation est disponible au lien suivant : <http://www.biomerieux.fr/filmarray-gi>.

Figure 2

Configuration et contamination par *Cryptosporidium* spp. des installations d'eau civiles et militaires

V - GESTION DE LA CRISE SANITAIRE

1. ENJEUX ET OBJECTIFS

Les principaux enjeux et objectifs de la gestion de cette crise sanitaire étaient les suivants :

- Interrompre l'exposition au parasite des populations civiles et militaires ;
- Mettre en place des actions correctives permettant dans les meilleurs délais le retour à une situation de normalité en matière d'approvisionnement en EDCH de ces populations ;
- Dans l'urgence, en attendant que des mesures pérennes soient établies (impliquant une modification complète des installations de production d'EDCH civiles), assurer l'approvisionnement palliatif d'EDCH de qualité conforme aux exigences du code de la santé publique (exempte d'agents pathogènes) et en quantité suffisante, pour les populations militaires et civiles ;
- Établir un plan de surveillance vis-à-vis du risque de contamination des EDCH par des agents parasitaires (*Cryptosporidium* spp., *Giardia* spp.,

notamment), afin de prévenir de nouvelles épidémies ;

- Déterminer les sources et les facteurs de contamination de la ressource par *Cryptosporidium* spp., afin de les réduire ou de les éliminer (poursuite de l'enquête environnementale).

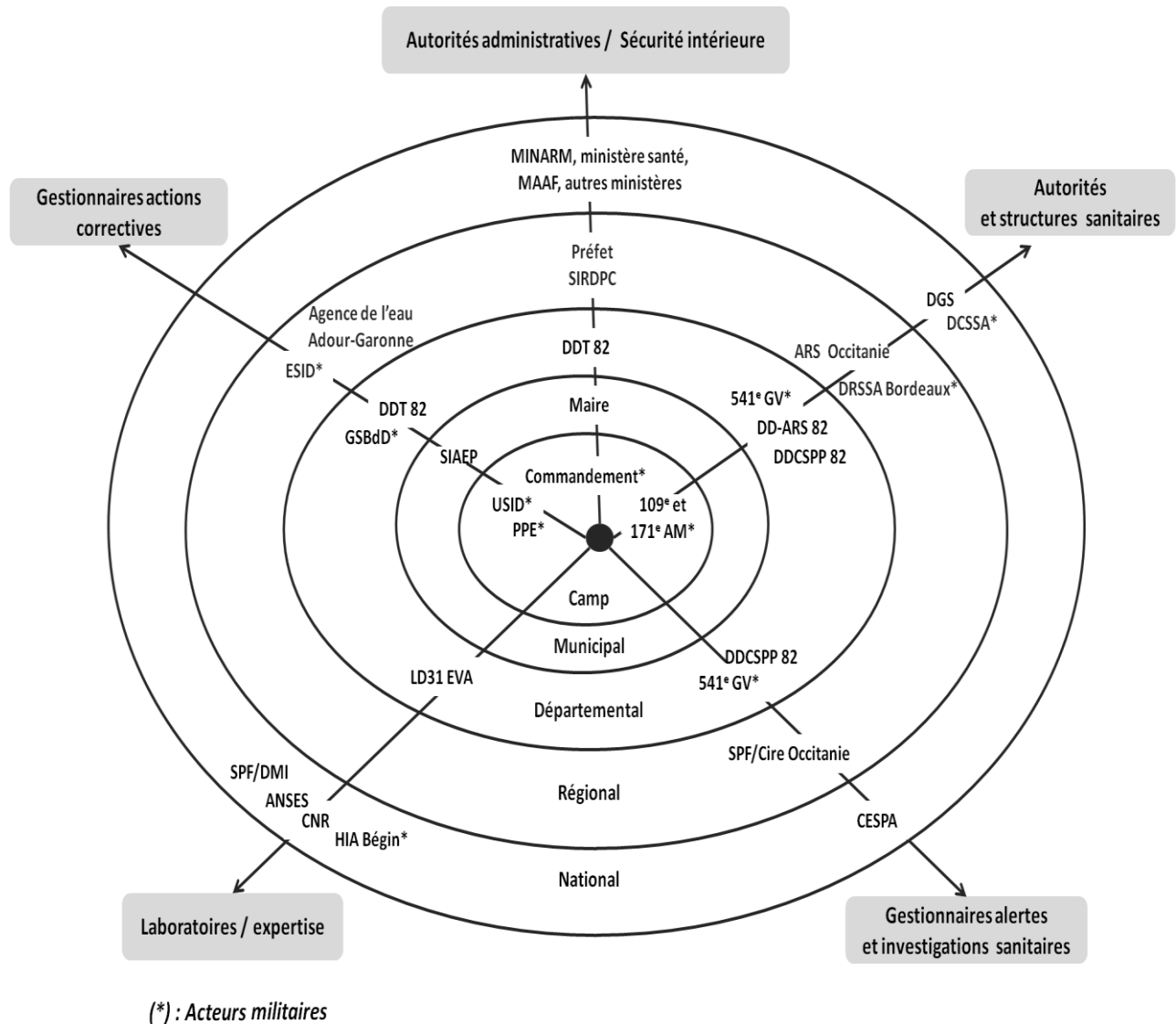
2. ACTEURS

À la suite de l'identification de *Cryptosporidium* spp. dans les installations d'EDCH, une cellule de crise a rapidement été constituée. Elle intégrait de nombreux acteurs, civils et militaires, ayant différentes autorités de tutelle et appartenant à divers organismes, services et domaines de disciplines. Plusieurs échelons ont été mobilisés : local (municipalité), départemental, régional et national.

La figure 3 présente les principales composantes du dispositif interministériel multidisciplinaire impliqué dans la gestion de cette crise sanitaire.

Figure 3

Principaux acteurs impliqués dans la gestion de la crise sanitaire



Les intervenants suivants ont notamment été impliqués :

- Pour les forces armées : la direction centrale du service de santé des armées (DCSSA), le CESP, la direction régionale du service de santé des armées (DRSSA) de Bordeaux, les 109^e et 171^e antennes médicales (AM), le 541^e groupe vétérinaire (GV), le commandement (chef de corps), le pilote de processus eau (PPE) et le chargé de prévention du camp militaire, le groupement de soutien de la base de défense (GSBdD) de Montauban, l'établissement du service d'infrastructure de la défense (ESID) de

Bordeaux, l'unité de soutien de l'infrastructure de la défense (USID) de Montauban, l'Hôpital d'instruction des armées (HIA) Bégin, etc.;

- Pour les institutions civiles : le préfet et le sous-préfet du Tarn-et-Garonne, la direction générale de la santé (DGS), le service interministériel de défense et de protection civile (SIDPC), l'agence régionale de santé (ARS) Occitanie, la délégation départementale de l'ARS Occitanie (DD-ARS 82), la direction départementale des territoires du Tarn-et-Garonne (DDT 82), Santé publique France (SPF) [cellule d'intervention en région/Cire Occitanie et direction des maladies

infectieuses/DMI], la direction départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations du Tarn-et-Garonne (DDCSPP 82), l'agence de l'eau Adour-Garonne, le syndicat intercommunal d'adduction d'eau potable (SIAEP), le laboratoire LD31 EVA, le CNR cryptosporidiose, le laboratoire national de référence (LNR) de santé animale de Maisons-Alfort, l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), la mission interservices de l'eau et de la nature du Tarn-et-Garonne (MISEN 82), etc.

3. ÉTAPES ET PROCESSUS DE GESTION DE LA CRISE

La gestion de la crise sanitaire s'est organisée en plusieurs temps :

- L'alerte, consécutive aux épidémies de GEA dans la population militaire et à l'identification du parasite *Cryptosporidium* spp. chez les malades et dans les installations d'EDCH ;
- Les mesures conservatoires immédiates, destinées à protéger la santé des populations militaires et civiles (restrictions des usages de l'eau) ;

- Les actions correctives à court terme, visant à rétablir des conditions normales d'approvisionnement en eau de qualité conforme aux exigences réglementaires, pour les populations civiles et militaires ;
- Et enfin les actions à moyen et long terme, impliquant différentes catégories de mesures, notamment : surveillance renforcée de la qualité de l'eau de la ressource et des installations vis-à-vis du parasite *Cryptosporidium* spp., poursuite de l'enquête environnementale afin de rechercher les origines de la contamination microbiologiques de la ressource, suivi de la population militaire exposée au parasite, travaux de modification de la station de traitement de l'eau de la ressource.

Dès le début de la crise, un comité de pilotage (COPIL) a été créé. Animé par l'ARS Occitanie, il était principalement composé de représentants des échelons régionaux, départementaux et locaux des organisations services présentés précédemment (cf. § 4.1). Au second semestre 2017, au cœur de la crise, il s'est réuni à une fréquence mensuelle. Le tableau 2 précise les étapes, les acteurs et la chronologie du processus de gestion de la crise sanitaire

Tableau 2
Processus de gestion de la crise sanitaire

Chronologie	Temps de gestion	Etapes d'investigation	Actions menées	Principaux acteurs parties concernés
Du 14/06/17 au 22/06/17 ↓ 27/06/17	ALERTE	Epidémies de GEA - camp militaire	Détection d'épidémies de GEA sur le camp militaire, alerte du CESPA, prise en charge médicale des malades, prélèvements de selles.	109 ^e et 171 ^e AM
			Gestion de l'alerte, confirmation du signal, pilotage des investigations pour les forces armées.	CESPA
27/06/17 ↓	MESURES IMMÉDIATES	Epidémies de cryptosporidiose	Analyses des selles → <i>Cryptosporidium</i> spp. Identifié.	HIA Bégin, CNR cryptosporidiose
			Contamination d'origine hydrique suspectée. Alerte de l'ARS Occitanie.	CESPA, SPF/DMI et Cire Occitanie
↓ 30/06/17	① : Protection de la santé des consommateurs (population civile et militaire)	Cryptosporidiose d'origine hydrique	Restrictions des usages de l'eau sur le camp et mise en place d'un approvisionnement palliatif en eau embouteillée pour la population militaire.	CESPA, DRSSA Bordeaux, 541 ^e GV, chef de corps et PPE du camp, GSBdD Montauban
			Prélèvements d'eau sur les installations civiles et militaires.	ARS Occitanie, DD-ARS 82, maire, SIAEP, CESPA, DRSSA Bordeaux, 541 ^e GV, chef de corps et PPE du camp
↓ 20/07/17	② : Retour à un approvisionnement en eau normal	Cryptosporidiose d'origine hydrique	Analyses d'eau → <i>Cryptosporidium</i> spp. Identifié dans la ressource et dans les installations d'EDCH civiles et militaires (même souche).	LD31 EVA CNR cryptosporidiose
			Restrictions des usages de l'eau pour la population civile locale, réaffirmées et complétées par arrêté préfectoral du 18/07/17.	ARS Occitanie, préfet, SIDPC, DDT 82, maire
↓ 03/08/17	② : Retour à un approvisionnement en eau normal	Cryptosporidiose d'origine hydrique	Installation d'une unité mobile d'ultrafiltration temporaire en sortie de station de traitement de la ressource. Programmation des travaux de modification de la station de traitement actuelle (décision prise en 2016).	SIAEP, maire, agence de l'eau Adour-Garonne, ARS Occitanie, DD-ARS et DDT 82
			Mise en place d'un programme de surveillance renforcée de <i>Cryptosporidium</i> spp. Et <i>Giardia</i> spp. Dans l'eau (analyse bi-mensuelle sur la ressource et en sortie de traitement).	Préfet, DGS, ARS Occitanie, DD-ARS 82, DDT 82, SIAEP, LD31 EVA, CNR, LD31 EVA
↓ Mi-septembre 2017	② : Retour à un approvisionnement en eau normal	Cryptosporidiose d'origine hydrique	Levée des restrictions d'eau pour la population civile.	ARS Occitanie, préfet, SIDPC, DDT 82, maire
			Purge et désinfection des installations d'eau du camp militaire et analyses de contrôle (recherche de <i>Cryptosporidium</i> spp.).	USID Montauban, GSBdD Montauban, chef de corps, PPE (camp), LD31 EVA, 541 ^e GV
			Levée des restrictions d'eau sur le camp militaire.	Chef de corps, PPE, GSBdD Montauban, DRSSA Bordeaux, 541 ^e GV, CESPA

.../..

.../..

Mi-septembre 2017	MESURES À MOYEN ET PLUS LONG TERMES	Suivi des malades - Poursuite de l'enquête environnementale - Mise aux normes des installations	Etude exploratoire dans la population civile voisine du camp militaire pour rechercher rétrospectivement des cas à partir des données de l'assurance maladie.	SPF/DMI et Cire Occitanie
↓			Suivi sanitaire des militaires exposés lors des épidémies de juin 2017.	CESPA, HIA Bégin, 109 ^e et 171 ^e AM
Avril 2018			Mise en service de la nouvelle usine à l'automne 2018. Elle est composée d'un collage (coagulation, filtration) suivi d'un traitement UV. Dans l'attente, l'unité mobile d'UF est toujours en fonctionnement.	SIAEP, maire, agence de l'eau Adour-Garonne, ARS Occitanie, DD-ARS et DDT 82
↓			Révision du programme de surveillance de la qualité de l'eau vis-à-vis de la contamination par <i>Cryptosporidium</i> spp.	Préfet, ARS Occitanie, DD-ARS 82, DDT 82, SIAEP, LD31 EVA, CNR, Anses
...			Recherche des causes de contamination - Poursuite des investigations environnementales. Mise en conformité des exploitations agricoles situées dans les périmètres de protection de la ressource. Améliorations programmées des installations et/ou pratiques sur le camp.	541 ^e GV, chef de corps, PPE et chargé de prévention (camp), ARS Occitanie, DDCSPP 82, Anses, CNR, LNR, MISEN 82

VI - DISCUSSION

1. DE L'ORIGINE À LA RÉOLUTION D'UNE CRISE SANITAIRE

Les épidémies de GEA déclarées en juin 2017 sur un camp militaire du Tarn-et-Garonne étaient des épidémies de cryptosporidiose d'origine hydrique, comme le démontre l'identification de la même souche du parasite (*C. hominis*, sous-type IbA10G2) chez les malades et les installations d'eau du camp. Le parasite provenait de la ressource d'eau civile. Il a contaminé les installations d'EDCH civiles puis les installations d'eau militaires, alimentées par le réseau d'eau public.

Ces événements ont eu un impact important, à plusieurs niveaux :

- Sanitaire : il y a eu au moins une centaine de malades parmi la population militaire, pour les épidémies de juin 2017 ;
- Opérationnel : l'indisponibilité du personnel militaire a contraint à suspendre le stage en cours ;
- Logistique : dans l'urgence, il a fallu approvisionner un nombre très important de bouteilles d'eau pour la population militaire et la population civile de deux communes, dans l'attente de la levée des restrictions d'usage de l'eau du réseau et mettre en place une unité d'ultrafiltration temporaire à la station de traitement ;
- Financier : l'achat d'eau embouteillée, la location du module d'ultrafiltration, les achats d'eau aux syndicats voisins qui s'ajoutent aux coûts des travaux de modification de la station de traitement de l'eau décidés en 2016.

Ils ont entraîné une véritable crise sanitaire, qu'il a fallu gérer. Suite à l'alerte, une cellule de crise s'est rapidement organisée. Ce dispositif, par plusieurs aspects, a sans aucun doute contribué à la gestion efficace de cette crise. Sa dimension interministérielle et sa composition multidisciplinaire a favorisé les échanges, en facilitant les interfaces entre les différents acteurs. Des réunions fréquentes ont permis d'établir des points de situation réguliers sur l'atteinte des objectifs, les difficultés et les mesures à prévoir. Des deux points précédents a découlé une bonne coordination globale des actions menées.

Suite à l'alerte, le premier volet de gestion de la crise a consisté à restreindre les usages de l'eau,

dans l'attente de la mise en œuvre d'une solution technique adaptée permettant la mise en distribution d'une eau conforme à la réglementation. L'utilisation de l'eau du réseau était interdite en l'état pour la boisson et le lavage des dents. L'utilisation pour les usages alimentaires était possible, à condition que l'eau soit portée à ébullition pendant au moins 5 minutes. Ce traitement thermique est réputé efficace vis-à-vis des oocystes de *Cryptosporidium* spp., les oocystes, formes de résistance du parasite, qui sont détruits ou perdent leur pouvoir infectieux après un traitement par la chaleur à 72°C pendant au moins 5 secondes [Anses, 2011]. Pour le camp militaire, un approvisionnement palliatif en eau embouteillée a dû être effectué, en raison des nombreuses activités sur le terrain des stagiaires et du personnel permanent, rendant difficile l'application du traitement thermique mentionné précédemment.

Ensuite, il a fallu mettre en place des mesures permettant la levée rapide des restrictions d'eau, en garantissant l'approvisionnement *via* le réseau d'eau public d'EDCH exemptes de parasites et d'autres agents pathogènes. Cela impliquait la mise en place d'une filière de traitement adaptée à la qualité de la ressource.

Avant la crise sanitaire, le traitement de l'eau de la ressource consistait en une filtration sur sable, complétée par une chloration. Il n'a pas permis de maîtriser le risque de contamination par des agents parasitaires. En effet, le seuil de coupure d'un dispositif de filtration sur sable, estimé à environ 10 µm ne permet pas d'arrêter les oocystes de *Cryptosporidium* spp., d'un diamètre inférieur (3-5 µm). En outre, les oocystes parasitaires résistent à la majorité des produits chimiques aux doses normalement utilisées pour le traitement des EDCH. La chloration, en particulier, n'est pas un traitement réputé efficace vis-à-vis des agents parasitaires présents dans l'eau (cf. § 1.1). En outre, l'exposition prolongée des eaux à des concentrations élevées de chlore, afin de diminuer de plusieurs réductions décimales la charge parasitaire initiale, entraîne la formation de composés secondaires indésirables, dont les trihalométhanes, potentiellement cancérigènes.

L'impossibilité de raccorder le camp militaire à un réseau alimenté par une ressource autre que celle contaminée par *C. hominis* a nécessité la mise en place d'une unité d'ultrafiltration temporaire, dans l'attente de travaux de modification de la station de

traitement. La nouvelle station de traitement est prévue pour être opérationnelle à l'automne 2018. Elle intègre une barrière physique par collage (coagulation, filtration sur sable), complété par une étape de désinfection par rayonnements UV. Ces traitements sont réputés efficaces vis-à-vis de *Cryptosporidium* (cf. § 1.1).

Contrairement aux bactéries, les parasites ne peuvent pas se multiplier dans des milieux de culture permettant de les identifier. Des procédures ont été développées pour permettre de collecter puis d'identifier *Cryptosporidium* spp. De manière générale, les méthodes de détection, d'identification et de quantification sont fondées sur le même principe : les parasites contenus dans un grand volume d'eau (au moins 100 litres par échantillon) sont concentrés et le culot de concentration est ensuite observé au microscope. La recherche des oocystes est longue et coûteuse, tout en exigeant un personnel expérimenté et une méthode standardisée.

Depuis la crise, l'efficacité du traitement appliqué aux EDCH vis-à-vis du risque parasitaire est suivie au moyen d'un programme de surveillance renforcée impliquant la recherche analytique de *Cryptosporidium* spp. dans la ressource et dans l'eau traitée. La fréquence analytique, mensuelle lors du recours au module d'ultrafiltration temporaire est maintenue jusqu'à la mise en service de la nouvelle usine d'eau potable. Ce programme de surveillance sera allégé à trois fois par an suite à la livraison de la nouvelle station de traitement de l'eau et aux résultats d'analyses satisfaisants. Les analyses sont effectuées par le laboratoire LD31 EVA, qui est accrédité COFRAC pour les analyses des EDCH et des eaux de baignade, notamment.

Sur avis de l'Anses, la recherche et la quantification des oocystes de *Cryptosporidium* spp. sont réalisées selon une méthode normalisée [AFNOR 2015, AFNOR, 2017]. Le principe analytique de cette norme permet de faire la distinction entre les oocystes de *Cryptosporidium* spp. intègres, car ayant conservé leur matériel génétique, condition indispensable de leur infectiosité, et ceux qui l'ont perdu. Le marquage par immunofluorescence visant la paroi des oocystes de *Cryptosporidium* spp. a été complété par un marquage du matériel génétique au 4,6-diaminido-2-phénylindole (DAPI). Bien que cette distinction ne réponde pas à toutes les questions relatives au potentiel infectieux des oocystes de *Cryptosporidium* spp., il n'existe pas actuellement de méthode plus performante à l'échelle européenne ou internationale.

2. CONTAMINATION DE LA RESSOURCE ET ENQUÊTE ENVIRONNEMENTALE

La barrière de protection hydrogéologique naturelle de la ressource est très perméable (roches karstiques avec des failles). Sa qualité est par conséquent fortement influencée par les eaux superficielles. L'enquête environnementale a permis d'identifier au sein du camp militaire et des communes voisines plusieurs activités potentiellement polluantes. Celles menées au sein des périmètres de protection immédiats et rapprochés de la ressource ont pu être à l'origine de contaminations microbiologiques répétées de celle-ci (station d'épuration du camp, installations d'assainissement, activités d'élevage à proximité du camp, etc. - cf. § 3.3).

Le caractère « inféodé » à l'homme de *C. hominis* doit être discuté, cette espèce ayant notamment été retrouvée chez l'animal. Le parasite *C. hominis*, sous-type lbA10G2, est fréquemment identifié dans les épidémies humaines [Rehn *et al.*, 2015]. Cette espèce a été retrouvée chez des bovins en Australie et en Nouvelle Zélande [Razakandrainibe *et al.*, 2018 ; Smith *et al.*, 2005, Giles *et al.*, 2009 ; Abeywardena *et al.*, 2012].

Les résultats de la surveillance renforcée montrent l'absence de *Cryptosporidium* spp. et de *Giardia* spp. dans les échantillons d'eau de la ressource analysés depuis août 2017, même après de forts épisodes pluvieux. En l'absence de bruit de fond, l'épisode de contamination s'apparente donc à un phénomène fugace et d'intensité élevée. Au moment de la rédaction de ce document, des investigations se poursuivent sous l'égide de la préfecture avec l'ensemble des services de l'Etat concernés. Une saisine auprès d'experts nationaux (Anses, CNR, LNR) a été envisagée dans ce cadre, pour un appui scientifique et technique.

La contamination de la ressource a pu être favorisée par les précipitations. En effet, des matières chargées d'oocystes de *Cryptosporidium* spp., issues d'installations potentiellement polluantes situées en amont hydraulique de la ressource (figure 2), ont pu être transportées jusqu'à celle-ci et se sont infiltrées dans le sol *via* les eaux de ruissellement. En outre, de forts épisodes pluvieux peuvent favoriser une remise en suspension des oocystes de *Cryptosporidium* spp. dans les eaux souterraines. Le 30 mai 2017, il est tombé environ 32 mm de pluie sur la ville de Montauban, proche du camp militaire. Cet épisode pluvieux a été exceptionnel et a représenté plus de la moitié du volume mensuel de précipitations (normales saisonnières de pluviométrie pour le mois de

mai : 62 mm) [source : météo60.fr - <https://www.meteo60.fr/>]. L'influence des précipitations sur l'émergence d'épidémies de cryptosporidiose est décrite dans la littérature [Jagai *et al.*, 2009 ; Curriero *et al.*, 2001]. En outre, une saisonnalité des cas de cryptosporidiose est observée en France, avec un pic en fin d'été/début d'automne [Derouin, 2009].

3. ANALYSE RÉTROSPECTIVE SUR LA DÉTECTION ET LA PRÉVENTION DES ÉPIDÉMIES DE CRYPTOSPORIDIOSE

Lors d'infection par *Cryptosporidium* spp., il est établi que la sévérité et la durée de la maladie sont liées à l'état du système immunitaire de l'hôte [AFSSA, 2002 ; Anses, 2011].

Lors des périodes d'épidémie de GEA sur le camp militaire, aucune épidémie n'a été déclarée au sein de la population civile. Une étude exploratoire rétrospective a été menée par Santé publique France (DMI et Cire Occitanie), afin de rechercher parmi la population civile des communes voisines du camp militaire un excès de cas de GEA en lien avec les épidémies sur le camp. Les cas de GEA ont été extraits des bases de données de l'assurance maladie entre janvier 2012 et juillet 2017. L'analyse n'a pas permis de mettre en évidence d'excès de cas de GEA, en particulier chez les enfants, ni au moment des épidémies de GEA signalées sur le camp, ni en dehors de ces épidémies. L'hypothèse d'une immunité acquise de la population civile vis-à-vis du parasite, du fait d'une exposition répétée, pourrait expliquer ces observations.

A contrario, la population militaire pouvait être considérée comme « naïve » sur le plan immunologique (sections ou troupes de passage, extérieures au camp). Elle a par conséquent joué le rôle de sentinelle. En outre, la quantité d'eau ingérée par les militaires, provenant essentiellement du réseau d'eau du camp, étant supérieure (exercices physiques), cette population a sans doute été davantage exposée au parasite que la population civile. Or, une relation dose-effet a été

mise en évidence dans les cas d'infection humaine par *Cryptosporidium* spp. [AFSSA, 2002].

Pour les épidémies en milieu militaire, plusieurs difficultés ont retardé l'identification de l'agent étiologique. Les nombreux facteurs de risque de TIAC et de GEA à transmission interhumaine ont notamment généré de la confusion. En outre, le fait que la population militaire exposée ne soit pas captive (de passage sur le camp) n'a pas facilité les investigations. L'utilisation d'une technique de « screening » par biologie moléculaire, fondée sur une approche syndromique, avec recherche simultanée des principaux agents de GEA dans les selles des malades (*cf.* § 3.2), a été un élément déterminant dans l'orientation et l'aboutissement de cette enquête.

La question se pose de savoir dans quelle mesure la contamination de l'eau aurait pu être détectée plus précocement.

La réglementation européenne impose que les EDCH ne contiennent pas de micro-organismes, de parasites ou d'autres substances, en nombre ou en concentration pouvant représenter un danger pour la santé des personnes¹². Elles doivent en outre être conformes à des limites de qualité, portant sur des paramètres microbiologiques et chimiques. En France, le programme d'analyses de contrôle sanitaire et les critères de qualité des EDCH sont fixés par voie réglementaire. Lors de la constitution du dossier de demande d'autorisation d'exploitation d'une ressource, des analyses portant notamment sur le paramètre *Cryptosporidium* sont requises, pour les eaux brutes souterraines influencées par les eaux superficielles (sols karstiques)¹³. Les résultats de ces analyses doivent orienter sur la nature de la filière de traitement à mettre en place, qui doit être adaptée à la qualité de la ressource. En phase d'exploitation de la ressource, la recherche de parasites n'est pas réalisée en routine^{14,15}, sauf si une analyse de risque le justifie (étude de vulnérabilité de la ressource). Dans ce cas, tout critère de surveillance supplémentaire par rapport au programme de contrôle sanitaire réglementaire doit figurer dans

¹² Directive n° 98/83/CE du 03 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

¹³ Arrêté du 20 juin 2007 relatif à la constitution du dossier de demande d'autorisation d'utilisation d'eau destinée à la consommation humaine mentionnée aux articles R. 1321-6 à R. 1321-12 du code de la santé publique.

¹⁴ Arrêté du 11 janvier 2007 modifié par l'arrêté du 24 décembre 2015 relatif au programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire des eaux fournies par un réseau de distribution, pris en application des articles R.1321-10, R.1321-15 et R.1321-16 du code de la santé publique.

¹⁵ Arrêté du 11 janvier 2007 modifié relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R.1321-3, R.1321-7 et R.1321-38 du code de la santé publique.

l'arrêté préfectoral portant autorisation d'exploitation de la ressource. Concernant la ressource associée aux épidémies relatées dans cet article, la recherche spécifique de *Cryptosporidium* spp. n'était pas prescrite, la prévention de la contamination reposant en priorité sur la maîtrise des risques de pollution microbiologique, en amont de la ressource.

En raison du délai d'obtention du résultat (48 h), les techniques de recherche des oocystes de *Cryptosporidium* spp. ou des kystes de *Giardia* spp. ne sont pas compatibles avec le court délai de réaction nécessaire à la gestion et au pilotage des installations de production des EDCH. En outre, bien souvent, elles ne sont pas suffisamment sensibles pour détecter de faibles niveaux de contamination. Enfin, les analyses sont assez onéreuses (compter plus de 500 euros par échantillon d'eau, pour la recherche de *Cryptosporidium* spp. et de *Giardia* spp. effectuée par un laboratoire accrédité). C'est pourquoi le législateur, pour les eaux superficielles ou influencées par une eau d'origine superficielle, a prévu d'intégrer dans le canevas des analyses de contrôle sanitaire des EDCH des indicateurs du niveau du risque de contamination parasitaire des eaux traitées. Il s'agit notamment du paramètre « spores de micro-organismes anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) » (référence de qualité, avec la valeur cible suivante : absence dans 100 ml). Les spores d'ASR, qui sont fréquemment présentes dans les eaux brutes, ont une taille et un comportement similaire à celui des oocystes de *Cryptosporidium* spp., en termes de résistance dans l'environnement et à la chloration. La détection de spores d'ASR dans une eau traitée témoigne soit d'une inefficacité du procédé de traitement utilisé (filtration et/ou désinfection), soit d'une recontamination après traitement (relargage de biofilms contaminés, retours d'eau) [Anses, 2002]. Cet indicateur est recherché à l'étape de mise en distribution des EDCH (stockage) et aux robinets du réseau de distribution. En outre, il existe une bonne corrélation entre l'efficacité de l'élimination des particules (évaluée par la turbidité) et des parasites. Lors de l'épidémie de Milwaukee, une association a été démontrée entre l'augmentation de la turbidité dans les usines de traitement de l'eau et le

déclenchement de l'épidémie [Fox et Lytle, 1996]. Le maintien d'une turbidité faible et constante constitue donc un bon indicateur du faible niveau de risque parasitaire dans les EDCH (absence de *Cryptosporidium* spp. et *Giardia* spp., présence ou faible quantité). Cet indicateur a l'avantage de pouvoir être mesuré en continu, ce qui en fait un bon outil de surveillance et de pilotage des installations de traitement de l'eau. En France, les valeurs réglementaires pour le paramètre « turbidité » sont de 1 NFU (limite de qualité, impérative) et de 0,5 NFU (référence de qualité, indicative) en sortie d'usine de traitement. Au stade de mise en distribution des EDCH (réseau), les critères microbiologiques comme les bactéries coliformes ne sont pas de bons indicateurs du risque de contamination parasitaire, la corrélation entre le nombre d'oocystes de *Cryptosporidium* spp. et ces paramètres étant faible, voire inexistante [Fox et Lytle, 1996]. En revanche, le paramètre *E.coli* indiquerait le mieux la présence de *Cryptosporidium* spp. dans les eaux brutes souterraines. Malgré ces pistes, il n'existe pas d'indicateur totalement fiable de la présence ou de l'absence de parasites dans les EDCH. Rétrospectivement, il serait intéressant d'examiner les résultats des analyses de contrôle sanitaire portant sur la ressource et les installations de stockage-distribution d'EDCH impliquées dans la survenue des épidémies de cryptosporidiose sur le camp militaire.

Enfin, la maîtrise et la surveillance de la qualité sanitaire des EDCH distribuées sur le camp militaire, reposaient sur des purges régulières, un entretien périodique des installations et une surveillance des paramètres « chlore libre » et « turbidité » en différents points du réseau, complétées, plusieurs fois par an, par des analyses supplémentaires de type « D1 »¹⁴. Dans la mesure où les installations d'EDCH militaires étaient alimentées par les installations d'EDCH civiles, contrôlées par ailleurs, ce suivi était adapté. Lors des périodes d'épidémies sur le camp, aucune anomalie n'a été rapportée concernant les résultats de la surveillance, que ce soit par le pilote de processus eau du camp ou par le 541^e GV, en charge de l'inspection des installations d'EDCH militaires.

VII - CONCLUSIONS - PERSPECTIVES

Les investigations des épidémies de GEA déclarées en juin 2017 sur un camp militaire du Tarn-et-Garonne ont permis de conclure à une toxi-infection alimentaire collective d'origine hydrique causée par le parasite *C. hominis*. Il s'agit des premières épidémies de cryptosporidiose décrites dans les armées. La ressource civile, contaminée par le parasite, a entraîné la pollution du réseau d'eau public et des installations militaires. La population militaire a servi de sentinelle, permettant de révéler la contamination des installations d'eau par le parasite, alors qu'aucune épidémie de GEA n'a été déclarée parmi la population civile. Ces éléments fournissent une bonne hypothèse pour expliquer rétrospectivement les épidémies de GEA récurrentes survenues sur le camp militaire depuis 2015 et pour lesquelles les investigations avaient mis en évidence divers facteurs de risque de TIAC, mais sans permettre l'identification d'un agent pathogène. Le succès de cette enquête a été permis par la mise en œuvre d'une nouvelle méthode d'investigation des TIAC dans les armées, impliquant une recherche large des agents pathogènes susceptibles de contaminer les selles des malades et les denrées, au moyen d'outils de biologie moléculaire type PCR multiplex (FilmArray®/GI).

Ces épidémies ont eu un impact important sur les plans sanitaire, opérationnel, logistique et financier. Elles ont été à l'origine d'une véritable crise sanitaire, dont la gestion a mobilisé un important dispositif interministériel, civilo-militaire. Il en ressort un bilan très positif. Une bonne communication entre les différents acteurs et une bonne coordination des actions ont permis de

conduire efficacement la série de mesures correctives programmées, afin de rétablir dans les meilleurs délais des conditions normales d'approvisionnement en eau de qualité, pour les populations civiles et militaires.

Ces épisodes illustrent les difficultés et les limites de la surveillance de la qualité des EDCH vis-à-vis du risque parasitaire, en l'absence d'indicateurs de contamination fiables. Pour les ressources d'eau souterraines influencées par les eaux superficielles, la maîtrise de ce risque repose sur une filière de traitement adaptée, avec une étape de filtration permettant de réaliser une diminution efficace du nombre d'oocystes de *Cryptosporidium* spp. et des kystes de *Giardia* spp. pouvant contaminer la ressource.

La gestion de cet épisode a permis de recenser les sources potentielles de contamination de la ressource par *Cryptosporidium* spp. Des inconnues demeurent, notamment sur l'éventuel rôle joué par les activités d'élevage menées au sein des périmètres de protection de la ressource. Pour ce volet, la crise sanitaire aura permis d'engager des démarches auprès des différents acteurs de la zone. Enfin, un suivi sur plusieurs mois de la cohorte militaire exposée lors des épidémies de juin 2017 a été initié, avec plusieurs objectifs : consolider les données sur le taux d'infection, évaluer l'importance des phénomènes d'excrétion prolongée et de portage asymptomatique chez les individus infectés et, si possible, étudier le syndrome de l'intestin irritable post-infection parasitaire. Les premiers résultats de cette étude sont en cours d'exploitation.

BIBLIOGRAPHIE

Abeywardena H., Jex A.R., Nolan M.J., Haydon S.R., Stevens M.A. *et al.* - Genetic characterisation of *Cryptosporidium* and *Giardia* from dairy calves: discovery of species/genotypes consistent with those found in humans. *Infect. Genet. Evol.*, 2012, **12**, 1984-1993.

Agence française de normalisation (AFNOR). Norme NF T90-455. Qualité de l'eau - Echantillonnage et/ou dénombrement des oocystes de *Cryptosporidium*

et des kystes de *Giardia* - Méthode de concentration et de dénombrement. AFNOR, 2015.

Agence française de normalisation (AFNOR). Amendement A1 à la norme NF T90-455. Qualité de l'eau - Echantillonnage et/ou dénombrement des oocystes de *Cryptosporidium* et des kystes de *Giardia* - Méthode de concentration et de dénombrement. AFNOR, 2017.

- Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA). - Rapport sur les « Infections à protozoaires liées aux aliments et à l'eau : évaluation scientifique des risques associés à *Cryptosporidium* sp. ». AFSSA (Ed.), Maisons-Alfort, 2002, 185 p.
- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). - Fiche de description des dangers biologiques transmis par les aliments. *Cryptosporidium* spp. 2011. [en ligne]. <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2010sa0232Fi.pdf>. Consulté le 18/06/18.
- Association française des enseignants et praticiens hospitaliers titulaires de parasitologie et mycologie médicale (ANOFEL) - Cryptosporidium National Network. Laboratory-based surveillance for *Cryptosporidium* in France, 2006-2009. *EuroSurveillance*, 2010, **15**(33), 19642.
- Boatright D.T., Greenfield R.A. - Bioterrorism and Threats to Water Safety: Cholera and Cryptosporidiosis. In: Biodefense: Principles and Pathogens. M. S. Bronze M.S. & Greenfield R.A. (Eds.), Horizon Bioscience, Norfolk UK, 2005, 587-617.
- Cohen S., Dalle F., Gallay A., Di Palma M., Bonnin A., Ward H.D. - Identification of Cpgp40/15 Type Ib as the predominant allele in isolates of *Cryptosporidium* spp. from a waterborne outbreak of gastroenteritis in South Burgundy, France. *J. Clin. Microbiol.*, 2006, **44**, 589-591.
- Curriero F.C., Patz J.A., Rose J.B., Lele S. - The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *Am. J. Public Health*, 2001, **91**(8), 1194-1199.
- Derouin F. - Épidémiologie de la cryptosporidiose humaine en France en 2006 et 2007 : données du réseau Cryptosporidies Anofel. *Bull. Épid. Hebdo.*, 2009, **1**, 8-11.
- Di Palma M., Carbonel S., Beaudou P., Checlair E., Gallay A. - Épidémie de gastro-entérites à *Cryptosporidium*, Dracy-le-Fort, Saône-et-Loire (71). Septembre 2001. Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, 2001, 72 p.
- European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). - Cryptosporidiosis. In: ECDC. Annual epidemiological report for 2015. Stockholm: ECDC, 2018a, 6 pp.
- European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). - Risk assessment: Increased *Cryptosporidium* infections in the Netherlands, United Kingdom and Germany in 2012 - 14 November 2012. Stockholm: ECDC, 2018b, 7 pp.
- European Food Safety Authority (EFSA). - The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2014. *EFSA Journal*, 2015, **13**(12), 4329, 190 pp.
- Food and Agriculture Organization (FAO) and World Health Organization (WHO). - Multicriteria-based ranking for risk management of food-borne parasites. Microbiological Risk Assessment Series, No 23. FAO/WHO (Eds), Rome, Italy, 2014, 287 pp.
- Fox K.R., Lytle D.A. - Milwaukee's crypto outbreak investigation and recommendations. *J. Am. Water Works Assoc.*, 1996, **88**, 87-94.
- Giles M., Chalmers R., Pritchard G., Elwin K., Mueller-Doblies D., Clifton-Hadley F. - *Cryptosporidium hominis* in a goat and a sheep in the UK. *Vet. Rec.*, 2009, **164**, 24-25.
- Gofti-Laroche L., Schmitt M. - Épidémie de gastroentérites liées à la pollution du réseau de distribution d'eau potable de la commune de Divonne-les-Bains, Ain (01). Août-Septembre 2003. Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, 2003, 48 p.
- Graciaa D.S., Cope J.R., Roberts V.A., et al. - Outbreaks Associated with Untreated Recreational Water - United States, 2000-2014. *Morb. Mortal. Wkly. Rep.*, 2018, **67**, 701-706.
- Jagai J.S., Castronovo D.A., Monchak J., Naumova E.N. - Seasonality of cryptosporidiosis: A metaanalysis approach. *Environ Res.*, 2009, **109**(4), 465-478.
- Levinson W. - Intestinal and Urogenital protozoa. In: Review of Medical Microbiology and Immunology, Fourteenth Edition. Weitz M. and Kearns B. (Eds.), McGraw-Hill Education, USA, 2016, 424-432.
- Mac Kenzie W.R., Hoxie N.J., Proctor M.E., Gradus M.S., Blair KA, Peterson D.E., et al. - A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *N. Engl. J. Med.*, 1994, **331**, 161-167.
- Morken M.H., Lind R.A., Valeur J., Wilhelmsen I., Berstad A. - Subjective health complaints and

- quality of life in patients with irritable bowel syndrome following *Giardia lamblia* infection: a case-control study. *Scand. J. Gastroenterol.*, 2009, **44**, 308-13.
- Pumipuntu N., Piratae S. - Cryptosporidiosis: A zoonotic disease concern. *Veterinary World*, 2018, **11**(5), 681-686.
- Razakandrainibe R., Diawara E.H.I., Costa D., Le Goff L., Lemeteil D., Ballet J.J. *et al.* - Common occurrence of *Cryptosporidium hominis* in asymptomatic and symptomatic calves in France. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, 2018, **12**(3), e0006355.
- Rehn M., Wallensten A., Widerström M., Lilja M., Grunewald M., Stenmark S. *et al.* - Post-infection symptoms following two large waterborne outbreaks of *Cryptosporidium hominis* in Northern Sweden, 2010–2011. *BMC Public Health*. 2015, **15**, 529.
- Smith H.V., Nichols R.A., Mallon M., Macleod A., Tait A. *et al.* - Natural *Cryptosporidium hominis* infections in Scottish cattle. *Vet. Rec.*, 2005, **1567**, 10-11.
- Thabane M., Kottachchi D.T., Marshall J.K. - Systematic review and meta-analysis: the incidence and prognosis of post-infectious irritable bowel syndrome. *Aliment Pharmacol. Ther.*, 2007, **26**, 535-544.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). - *Cryptosporidium: Drinking Water Health Advisory*. US EPA, Office and Water, Washington, DC, 2001, 31 pp.
- Watier-Grillot S., Chammam K., Pommier de Santi V., Manet G., Mayet A., Lamand R. *et al.* - Toxi-infections alimentaires collectives dans les armées françaises : bilan des investigations menées de 1999 à 2013. *Épidémiol. et santé anim.*, 2016, **70**, 59-72.



Remerciements

Les auteurs remercient monsieur Damien Mouly (Santé publique France, Cire Occitanie) et monsieur Mathias Bruyand (Santé publique France, Direction des maladies infectieuses) pour leur contribution à ce travail.