

LE TÉLÉDIAGNOSTIC, UN CONCEPT ADAPTÉ À L'ÉVALUATION DE LA CONTAMINATION ACCIDENTELLE OU INTENTIONNELLE D'UNE RESSOURCE EN EAU

Telediagnosis, an adapted concept for the accidental or intentional contamination water resource assessment

BAURÈS E, ADAMY C, BROGAT M, CADIÈRE A, ROIG B, THOMAS O. Telediagnosis, an adapted concept for the accidental or intentional contamination water resource assessment. *Med Emergency, MJEM* 2014; 21:10-5.

Mots clés : analyses in-situ, diagnostic rapide, mesure non paramétrique, pollution chimique des eaux, spectrophotométrie UV, téléassistance

Keywords: chemical pollution of water, fast diagnosis, in-situ analysis, non parametric measurement, remote support, spectrophotometry UV

ABSTRACT

Introduction: In addition to existing approaches for the assessment of accidental or intentional contamination of water resource, the remote diagnosis has been developed to access quickly of relevant information.

Methods: Its implementation requires, on site, the use of a measurement and communication system enabling remote exchanges with an expert.

Results: This latter analyses the results of measures and establishes a first diagnosis about the presence of contamination and its nature, if possible. For this it has non-parametric data (including UV-visible spectra and fluorimetry) in addition to classical physico-chemical measurements (pH, conductivity, turbidity, temperature, dissolved O₂, etc.).

Conclusion: Based on the results and required information, the expert can suggest conducting on site sampling and additional measures to better appreciate the temporal evolution of the contaminated water.

Authors' affiliation:

Correspondent author: Estelle BAURÈS, PhD

LERES, EHESP Rennes, Sorbonne Paris Cité

Avenue du Professeur Léon Bernard, 3500, Rennes, France

Estelle.Baures@ehesp.fr

Baurès E, PhD^{1,2}, Adamy C, MD³, Brogat M, PhD^{1,2}, Cadière A, PhD⁴, Roig B, PhD⁴, Thomas O, PhD^{1,2}

1. EHESP Rennes, Sorbonne Paris Cité, Avenue du Professeur Léon Bernard- CS 74312, 35000, Rennes, France

2. INSERM, UMR Institut de recherche sur la santé l'environnement et le travail - 1085, LERES, Rennes, France

3. SDIS d'Ille-et-Vilaine (35), 2 rue du Moulin de Joué, 35000, Rennes, France

4. Université de Nîmes, EA7352 CHROME, rue du Dr Georges Salan, 30021, Nîmes, France

Article history / info:

Category: Original article

Received: July 9, 2014

Revised: August 13, 2014

Accepted: September 3, 2014

Conflict of interest statement:

There is no conflict of interest to declare



Dr Estelle Baurès

RÉSUMÉ

Introduction : En complément des approches existantes pour l'évaluation de la contamination accidentelle ou intentionnelle d'une ressource en eau, le concept de télédiagnostic a été développé afin de disposer rapidement d'une information pertinente.

Méthode : Sa mise en œuvre nécessite l'usage sur site d'un système de mesures et de communication qui permet l'échange à distance avec un expert.

Résultats : Cette dernière analyse des résultats de mesures transmis et établit un diagnostic concernant la présence d'une contamination et sa nature, si possible. Pour cela il dispose de données de type non paramétrique (notamment spectres UV-visible et de fluorimétrie) en complément de mesures physico-chimiques de base (pH, conductivité, turbidité, température, O₂ dissous, etc.).

Conclusion : En fonction des résultats et des informations souhaitées, l'expert peut suggérer de réaliser sur site des prélèvements et des mesures complémentaires afin de mieux apprécier l'évolution spatio-temporelle de l'eau contaminée.

INTRODUCTION

Lors d'une contamination intentionnelle ou accidentelle d'une ressource en eau, plusieurs situations peuvent être envisagées en fonction de la nature même du polluant, connue ou inconnue, et du lieu de contamination : à la ressource (eau de surface ou eau souterraine), lors de son traitement ou du stockage (réservoir, château d'eau) ou encore lors de la distribution. La maîtrise du risque de délivrer une eau contaminée nécessite donc la connaissance d'informations précises sur la présence d'éventuels agents polluants et leur quantité si possible, afin d'assurer au mieux leur détection et l'efficacité des systèmes de traitement [1]. Dans ce contexte, l'agence de protection de l'environnement aux Etats-Unis (USEPA) propose, dans son programme Water Security Initiative (WSI), une surveillance en temps réel de la qualité de l'eau pour lutter contre les risques de contamination intentionnelle (ou accidentelle) des systèmes de distribution d'eau potable [2]. Elle est basée sur une analyse en ligne des paramètres de base pour la qualité de l'eau (principalement le pH, le chlore, la température et le débit) et sur l'usage de systèmes de première alerte appelés Early Warning Systems (EWS) pour une détection de contaminants dont la présence peut être naturelle ou artificielle, intentionnelle ou accidentelle. L'utilisation de ces systèmes placés au point de captage ou au robinet du consommateur, permet de détecter et de contrôler en temps réel les éventuels événements d'exception en les distinguant des variations normales de la qualité de l'eau [3;4]. Car il est évident que plus le diagnostic est précoce, plus vite les mesures conservatoires pour lutter contre la pollution et pour protéger la population peuvent être mises en place. Mais l'installation de ces systèmes n'est pas accessible à toutes les unités de distribution et dans la très grande majorité des cas, la suspicion d'une contamination entraîne un prélèvement et des analyses en laboratoire, afin de confirmer la présence et la concentration d'une substance suspectée ou d'identifier la présence d'une (ou de) substance(s) inconnue(s). Ces procédures peuvent être relativement complexes et l'obtention des résultats peut prendre plusieurs heures ou jours.

SOLUTIONS EXISTANTES

Afin de réduire le temps d'obtention d'une information (résultats d'analyse en général) utile à une prise de décision telle que la fermeture d'un captage par exemple, un certain nombre de solutions sont actuellement disponibles en complément des

analyses réalisées en laboratoire après réception des échantillons prélevés. Elles sont généralement basées sur la transposition de méthodes de laboratoire et directement utilisables sur le site. Parmi ces outils, on peut distinguer des moyens légers de terrain, faciles d'utilisation tels que des sondes multiparamètres, des kits colorimétriques ou « trousse » (seuls ou regroupés), proposés en général pour le contrôle environnemental [5], ainsi que des moyens lourds de terrain tels que, par exemple, les cellules mobiles d'intervention chimiques (CMIC) des sapeurs-pompiers [6], le laboratoire mobile de détection et d'identification NRBC (nucléaire, radiologique, biologique, chimique) de la gendarmerie, ou encore le laboratoire de terrain simplifié de l'armée française par exemple [7].

Pour les systèmes légers, les sondes sont généralement basées sur des techniques électrochimiques. Directement immergées dans l'eau, elles permettent d'acquérir in situ des données (enregistrées, stockées et/ou transmises à distance) sur les caractéristiques générales de la matrice telles que le pH, la température, la conductivité, la turbidité et l'oxygène dissous [5]. Les kits colorimétriques semi-quantitatifs permettent la mesure de certains paramètres (nitrates, nitrites, phosphates, ammonium, etc.) par l'ajout de réactifs et le développement d'une couleur (estimée visuellement) dont l'intensité est proportionnelle à une gamme de concentration. L'utilisation d'un spectrophotomètre portable pour mesurer cette intensité permet, dans ce cas des mesures quantitatives. Ces méthodes « hors ligne » sont facilement transportables et réalisables sur le bord de la masse d'eau mais peuvent dans certains cas manquer de sensibilité [5]. Certains systèmes plus complets, initialement conçus pour des applications militaires, permettent aussi une évaluation de la toxicité du milieu et la détection de certaines substances toxiques (pesticides, neurotoxiques, cytotoxiques), comme par exemple le kit KDTC [8].

Parmi les moyens lourds de terrain, les CMIC sont des véhicules utilisés par les sapeurs-pompiers lors d'événement d'exception (accident industriel ou de transport, pollution aquatique et terrestre, etc.) mettant en jeu des matières dangereuses (chimique, biologique, nucléaire) pour les populations et l'environnement. Ces cellules sont organisées pour deux échelons d'intervention, une cellule de reconnaissance (des dangers potentiels) et une cellule d'identification (des produits en cause) [6]. Outre les mesures de base (pH-mètre, oxymètre et conductimètre) les

CMIC sont équipées de différents systèmes pour la détection de toxiques chimiques liquides tels les vésicants ou les neurotoxiques organophosphorés. Le véhicule d'intervention Biotox-Piratox (VIBP), laboratoire mobile de détection et d'identification NRBC de la gendarmerie, permet d'intervenir sur des zones contaminées par un agent biologique ou chimique et de fournir les informations sur le risque potentiel ou avéré. Il est doté d'une plate-forme analytique mobile permettant :

- Le prélèvement et le conditionnement des échantillons.
- L'identification biologique et chimique d'aérosols, de liquides et de solides.
- La décontamination.
- Le confinement d'une zone laboratoire permettant la gestion des déchets solides et liquides contaminés.

Les systèmes d'analyse intégrés pour la détection chimique sont basés sur la spectrométrie infrarouge et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. Le laboratoire central de la préfecture de police de Paris dispose également d'un véhicule d'astreinte chimique, équipé notamment de différents spectromètres (masse, IRTF, Raman, etc.) qui permet une évaluation du risque chimique avec une levée de doute radiologique et biologique. Du matériel de prélèvement des eaux est également à disposition des opérateurs.

Dans tous les cas, la confirmation de la cause de la contamination est assurée par un laboratoire de référence (du réseau Biotox-Eaux par exemple), à partir d'analyses réalisées sur des échantillons prélevés sur le site contaminé et souhaités représentatifs. Dans certains cas, l'acheminement des échantillons vers le laboratoire peut nécessiter un délai pendant lequel la qualité de l'échantillon d'eau a le temps d'évoluer [7] si des précautions de conservation ne sont pas appliquées.

Si la qualité des résultats fournis par le laboratoire est garantie par l'accréditation du Comité français d'accréditation (COFRAC) et les agréments des ministères en charge de la santé et de l'environnement, les camions laboratoires peuvent offrir sur site des prestations relativement équivalentes à condition de disposer de personnel qualifié. L'utilisation de systèmes légers de terrain, limitée quant au nombre de paramètres mesurables et à la qualité des résultats d'analyse (généralement semi-quantitatifs) reste cependant relativement rapide et simple, même la manipulation des réactifs pour les tests colorimétriques est parfois délicate surtout en situation d'urgence.

ATTENTES DES UTILISATEURS

Même si certains groupes d'utilisateurs ont proposé des solutions technologiques adaptées à leurs besoins (sécurité civile, défense), il est apparu intéressant de réaliser une enquête concernant les interventions lors de contamination chimique d'une ressource en eaux superficielles auprès de différents utilisateurs. Ont été ciblés des représentants de la sécurité civile, de la santé, de la défense et de l'environnement, intervenants dans les services départementaux d'incendie et de secours (SDIS), au ministère de la Santé et les agences régionales de santé (ARS), à la cellule NRBC de la gendarmerie, au laboratoire central de la préfecture de police de Paris (LCPP), dans les unités d'instruction et d'intervention de la sécurité civile (UIISC), auprès des syndicats mixtes gestionnaires de l'eau, des traitiers d'eau, les inspecteurs

d'installations classées, l'agence de l'eau, l'office national des eaux et des milieux aquatiques (ONEMA), la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL), la direction départementale des territoires et de la mer (DDTM).

Un questionnaire a été soumis à ces intervenants afin de :

- Mieux connaître leur fonctionnement actuel et habituel lors de tels évènements.
- D'évaluer les solutions d'intervention existantes parmi celles présentées précédemment.
- D'évaluer leurs besoins et leurs attentes afin d'améliorer l'efficacité et la rapidité de leurs interventions.

Quatre-vingt questionnaires ont été envoyés et 33 ont pu être exploités (taux de réponse 42%). Quarante-six pourcent proviennent des sapeurs-pompiers, 21% des professionnels de santé, 12% pour chacun des secteurs de l'environnement et de la défense et les 9% restant concernent les autres répondants.

Quatre-vingt dix pourcent des répondants ayant réagi au questionnaire sont déjà intervenus lors d'une pollution chimique des eaux (dans des cours d'eau ou des plans d'eau). Ces interventions ont été effectuées principalement sur des pollutions aux hydrocarbures et sur des pollutions organiques suite à des rejets accidentels d'établissements industriels (rupture ou débordement de cuves) mais aussi lors d'accidents routiers de camions citernes. Quatre-vingt pourcent d'entre eux utilisent un protocole opérationnel et estiment que le temps d'intervention est relativement rapide (d'immédiat à moins de deux heures, hormis la distance). La majorité effectue les prélèvements d'eau eux-mêmes, possède du matériel spécifique d'analyse et/ou de mesure et a du personnel qualifié pour utiliser ce matériel. Notons, par contre que seulement 40% d'entre eux sont satisfaits de la rapidité d'obtention des résultats avec des estimations de temps données pouvant aller de quelques heures à plusieurs jours. Cette dernière réponse montre bien l'intérêt d'améliorer et de mettre à leur disposition des outils et des procédures utilisables sur le terrain afin d'obtenir des résultats d'analyse mais aussi des informations clés sur la situation plus rapidement. Les réponses donnent ainsi un aperçu du fonctionnement de ces interventions et des actions menées, des outils et des protocoles mis à disposition, mais aussi des manques et des besoins en matière de personnel, connaissance et matériel.

UN NOUVEAU CONCEPT : LE TÉLÉDIAGNOSTIC

Face à ces attentes, que nous partageons en tant qu'opérateurs de terrain, nous avons développé le concept de télédiagnostic qui correspond à une approche à la fois différente et complémentaire des protocoles et des outils existants, dans le cadre d'une analyse globale des situations d'alerte, guidant au choix une (des) procédure(s) pour les prélèvements et les analyses (in-situ ou au laboratoire). Cette approche est basée sur le déploiement sur site d'un système de mesure et de communication (SMC) permettant la mise en œuvre d'une téléassistance par la mobilisation à distance d'experts (**Figure 1**).

La téléassistance permet d'interpréter très rapidement les premiers résultats fournis par le SMC et de suggérer la réalisation de prélèvements et de mesures complémentaires (par le SMC)

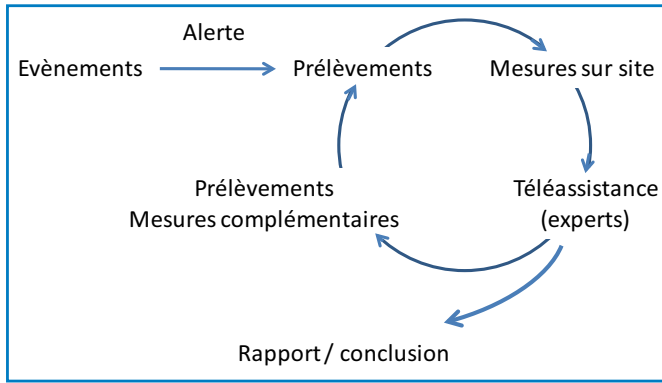


Figure 1 : Concept opérationnel du télédiagnostic

afin d'établir un diagnostic dans les plus brefs délais (quelques dizaines de minutes). Un point important est la possibilité de réaliser par le SMC des mesures non paramétriques [6] à l'aide de méthodes optiques simples et rapides comme la spectrophotométrie UV-visible ou la spectrofluorimétrie. Cette approche du diagnostic rapide consiste en l'identification d'un signal caractéristique d'une variation (dégradation) de la qualité de l'eau, sans chercher dans un premier temps à identifier un agent particulier. A titre d'exemple, une signature spectrale anormale (présence d'un pic ou d'un épaulement) par rapport à celle d'une eau de surface non contaminée ou d'un échantillon de référence, permet de mettre en évidence une variation du milieu et peut amener à suspecter la présence d'un composé organique par exemple. Dans ce cas, cette substance peut être identifiée à partir d'une bibliothèque de spectres de composés purs [10], et dans un deuxième temps validée par les analyses en laboratoire.

Il ne s'agit donc plus, sur le terrain, de mesurer un paramètre, ou d'analyser une substance plus ou moins suspectée, mais de réaliser une mesure non paramétrique pertinente à partir des signaux optiques. Cette analyse spectrale est complétée par une série de mesure rapide renseignant sur la qualité globale de l'eau considérée (T° , turbidité, conductivité, pH, O_2 dissous).

Dans un deuxième temps, une fonction de téléassistance permet d'envoyer à un expert les résultats par voie électronique (via le réseau internet ou satellitaire). L'expert alerté peut ainsi interpréter l'ensemble des éléments transmis (les signaux non paramétriques reçus, les spectres, les valeurs globales, les observations terrain) et fournir rapidement un avis sur la pollution suspectée ou survenue. Ce système communiquant permet à l'opérateur de recevoir rapidement les premières informations utiles pour une aide à la prise de décision (prélèvement et analyses complémentaires, fermeture d'un captage par exemple)

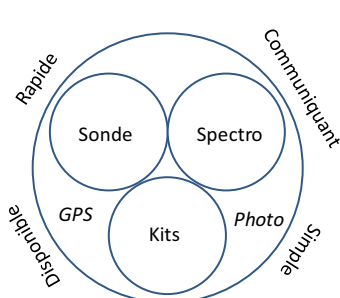


Figure 2 : Concept technique et prototype du système de mesures et de communication

et permet donc un gain de temps très important.

Un prototype opérationnel de SMC a été développé pour le LERES par la société HOCER. Le système, représenté schématiquement sur la **figure 2** intègre plusieurs modules analytiques couplés au système de communication:

- Un module optique, composé d'un spectrophotomètre UV et fluorimètre permet la détection d'un ensemble des familles de substances comportant des groupements chromophores remarquables, ce qui permet de couvrir environ 95% des cas de contamination par substance organique, quelle soit intentionnelle ou accidentelle [10].

- Une sonde multi-paramètres robuste permet la mesure simultanée de six paramètres physico-chimiques (température, conductivité, turbidité, oxygène dissous, pH et potentiel redox). Outre la mesure de turbidité souvent associée à des contaminations microbiologiques [12], la mesure de conductivité différentielle (entre un échantillon contaminé et une référence en amont par exemple) permet de détecter une pollution minérale.

- Des kits colorimétriques complémentaires, de type « tests bandelettes », choisis pour leur facilité d'utilisation et leur rapidité de réponse complètent les mesures précédentes en cas de besoin. La sélection de ces tests est modulable [12].

- Un appareil photo numérique équipé d'un GPS intégré permet la géo-localisation de la contamination ou du (des) point(s) de prélèvement. Le géo-référencement ainsi que les photos prises sur le terrain peuvent être également transmises à l'expert via internet.

L'ensemble a été développé pour répondre aux caractéristiques suivantes:

- Simplicité et facilité de transport et d'utilisation permettant un usage de ce système robuste par tout opérateur sur le terrain.
- Rapidité dans l'obtention des résultats, avec un délai réduit au minimum.
- Communication par échange de données et d'information avec un expert.

Le **tableau 1** synthétise les différents avantages et inconvénients des moyens disponibles en intégrant le SMC.

L'intérêt du concept de télédiagnostic et du système de mesure et de communication (SMC) associé, a été testé dans le cadre du

Positionnement			
Moyens disponibles	Délais	Pertinence*	Coûts**
Prélèvements + Analyses laboratoire	☹☹☹	+++	€€
Prélèvements + Analyses sur site Camion laboratoire	☹☹	++	€€€€
Mesures et tests rapides sur site	☹☹	+/-	€
Télédiagnostic : Mesures + téléassistance	☹	++	€

* par rapport à la réglementation et aux capacités analytiques

** coût d'achat ou d'investissement

Tableau 1 : Comparaison des moyens disponibles

questionnaire présenté ci avant. Dans une deuxième partie du questionnaire, trois solutions permettant d'intervenir en quelques heures lors de pollution accidentelle ou intentionnelle des eaux étaient proposées :

- Une cellule mobile d'intervention chimique (CMIC).
- Un camion laboratoire équipé de matériel de pointe.
- Un SMC permettant un télédiagnostic rapide à partir des mesures effectuées.

Le choix des répondants, fonction de leur expérience et des situations dans lesquelles ils ont l'habitude d'intervenir, a conduit à 71% d'avis positifs pour le SMC, 41% pour la CMIC et 11% pour le camion laboratoire (réponses multiples). Plus précisément, 41% des répondants ont déclaré envisager d'utiliser le SMC seul, 26 en complément de la CMIC et 4% associé au camion laboratoire.

Enfin, le questionnaire a tenté de dégager les critères prioritaires des utilisateurs : rapidité d'obtention d'un résultat ou d'une information pertinente (77%), simplicité d'utilisation sur site (68%) et possibilité d'une téléassistance (50%).

Les résultats du questionnaire montrent clairement qu'un système de mesures sur site couplé à une fonction de téléassistance présentent un intérêt pour les intervenants en cas de pollution accidentelle ou intentionnelle des eaux. Même si l'utilisation de cette solution ne permet pas sur le terrain d'analyser une substance suspectée dans les conditions d'un laboratoire, une mesure « non paramétrique » pertinente à partir de l'acquisition des spectres UV et de fluorescence couplée aux paramètres physico-chimiques de base de la qualité de l'eau (température, pH, conductivité, turbidité, O₂ dissous) permet d'obtenir très rapidement une information sur le site lors d'une alerte, concernant la présence ou non d'un contaminant dangereux grâce aux échanges de données avec des experts. Avec son nouveau concept permettant un télédiagnostic rapide de la qualité de l'eau et donc un gain de temps important, le SMC peut trouver sa place dans la chaîne des outils NRBC, en complémentarité des véhicules laboratoire.

Le principe de détection (spectrophotométrie UV/fluorimétrie en particulier) associé à la téléassistance a donné toute satisfaction au laboratoire dans les cas d'astreinte. Cet outil innovant s'inscrit parfaitement dans les efforts de recherche technologique poursuivis actuellement par différents acteurs de la sécurité en particulier dans le domaine du bio-diagnostic appliqué à la détection d'agent de la menace biologique.

MISE EN ŒUVRE DU TÉLÉDIAGNOSTIC

En fonction des situations rencontrées, la mise en œuvre du télédiagnostic peut être adaptée de façon à obtenir très rapidement une information utile. Selon la nature de l'alerte, la présence de substance(s) précise(s) peut être suspectée directement (cas 1) ou indirectement (cas 2), ou la recherche de substance(s) doit faire l'objet d'un criblage (cas 3) comme l'illustrent les exemples ci dessous

Cas 1 : Déversement accidentel de substance(s) caractérisé par exemple par la présence d'un camion, ou d'une citerne ou d'un récipient à proximité d'une ressource en eau, et l'existence d'une trace d'écoulement vers la ressource. Dans ce cas, la connaissance de précisions concernant le volume de substance

déversée ainsi que le temps d'écoulement et les caractéristiques du milieu récepteur (débit de la rivière par exemple) permet l'estimation des niveaux de contamination et de la zone de progression. Dans ces conditions, un prélèvement en un point d'échantillonnage pertinent (défini avec ou sans assistance d'un expert) et la recherche sélective de la substance par le SMC confirme le diagnostic en vue d'une décision rapide.

Cas 2 : Suspicion de contamination intentionnelle caractérisée par l'effraction d'un ouvrage (château d'eau par exemple) ou par l'existence d'un récipient suspect à proximité d'une ressource en eau, sans trace visible d'écoulement. Dans ce cas, la mise en œuvre du SMC permet de préciser les points d'échantillonnage pertinents dans une zone large (amont/aval dans le cas d'une rivière) et de rechercher la nature et la teneur de la contamination (criblage).

Cas 3 : Dégradation de la qualité du milieu caractérisée par des signes physiques ou biologiques, sans que la source de contamination soit visible. Dans ce cas, l'utilisation des différents composants du SMC (sonde multiparamètre, kit colorimétriques, spectrophotomètre UV et fluo) permet de faire un premier diagnostic de la nature du (des) contaminant(s) et ainsi remonter à une source probable. Par exemple, une allure anormale de l'empreinte spectrale permettra de soupçonner une pollution organique, une forte conductivité orientera vers une pollution minérale ou encore une turbidité élevée suspectera une pollution biologique.

A noter que sans la mise en œuvre du télédiagnostic, le risque de réaliser des mesures et analyses sur des échantillons non représentatifs de la qualité du milieu contaminé est réel. De plus, hormis le temps de transport de l'échantillon jusqu'au laboratoire, le délai d'obtention des résultats d'analyses va dépendre des paramètres recherchés. Si l'analyse physico-chimique de paramètres globaux (tels le carbone organique ou les hydrocarbures) est relativement rapide (quelques heures), la recherche d'un polluant organique inconnu (généralement par screening chromatographique) peut durer plus de 24 h. Il apparaît clairement que selon les cas d'alerte, des moyens de réponse plus rapides sont nécessaires afin de gérer plus efficacement les situations de crises.

La procédure de télédiagnostic et le SMC développé ont été testés notamment lors de deux essais sur site qui ont permis de valider la mise en œuvre du télédiagnostic mais aussi l'intérêt du dispositif de mesure et de communication en termes de disponibilité, rapidité, simplicité et communication, ainsi que l'application des modalités de mise en œuvre associées. A titre d'exemple, après transport sur site suite à un accident ferroviaire et la réalisation d'un premier prélèvement, la communication des informations recueillies (mesures spectrales (UV et fluorimétrie) et physico-chimiques, photos numériques, données GPS et autres d'informations) a conduit à une première interprétation des résultats effectuée par deux experts au laboratoire en moins de 20 minutes. Puis deux prélèvements complémentaires suggérés par téléassistance, ont permis d'établir un diagnostic moins de deux heures après le début de l'intervention, en écartant toute pollution organique consécutive à l'accident ferroviaire et en proposant d'orienter les analyses à réaliser en laboratoire pour confirmation.

CONCLUSION

Le télédiagnostic ne permet pas sur le terrain d'analyser une substance suspectée dans des conditions de laboratoire, mais de mesurer des paramètres caractéristiques de la qualité de l'eau et de réaliser une mesure « non paramétrique » pertinente à partir de l'acquisition de signaux optiques (spectres UV-visible et de fluorimétrie). Ce nouveau système est destiné à donner une information sur site lors d'une alerte et d'établir un diagnostic concernant la présence ou non d'une substance chimique dangereuse grâce aux échanges de données avec des experts. Ce nouveau concept permet une prise de décision rapide nécessaire à la gestion de la situation de crise.

Comme toute méthode alternative, ce système de mesures et de communication n'a pas vocation à se substituer aux méthodes de laboratoire mais peut de manière complémentaire, accélérer le processus d'identification de la contamination et accélérer la prise de décision. Comparé aux méthodes déjà disponibles, il présente un certain nombre d'avantages, notamment en termes de coût et rapidité de réponse.

Le principe de détection (module optique + sonde + kits) associé à la téléassistance a été jugé très pertinent et intéressant au travers d'un questionnaire soumis à divers opérateurs de terrain intervenants lors de contaminations accidentelles ou intentionnelles. Il a par ailleurs montré son potentiel en conditions réelles lors des exercices d'alerte.

Cet outil innovant s'inscrit parfaitement dans les efforts de recherche technologique poursuivis actuellement par différents acteurs de la sécurité en particulier dans le domaine du bio-diagnostic appliqué à la détection d'agent de la menace biologique.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier HOCER et plus particulièrement Goulven Cavalin et Bertrand Vergne, nos partenaires pour le développement du système de mesures et de communication. Ce développement n'aurait pas été possible sans l'aide financière de l'ARS Bretagne (aide d'Etat à la recherche clinique, pas de conflit d'intérêt) et la disponibilité du personnel du LERES.

RÉFÉRENCES

1. Cahoon LB, Cutting RH. Forensic water quality investigations: identifying pollution sources and polluters. In: Ahuja S (ed.) Handbook of Water Purity and Quality. Amsterdam, Elsevier; 2009. pp. 131-45.
2. Hasan J. technologies and techniques for early warning systems to monitor and evaluate drinking water quality: a state of the art review. U.S. Environmental Protection Agency. EPA/600/R-05/156, 2005.
3. Storey MV, Van der Gaag B, Burns BP. Advances in on-line drinking water quality monitoring and early warning systems. Water Research 2011; 45:741-7.
4. Kroll D. Monitoring for Terrorist-Related Contamination. In: Ahuja S (ed.) Handbook of Water Purity and Quality. Amsterdam, Elsevier; 2009. pp. 343-77.
5. Gonzalez C, Junqua G, Roig B. Nouvelles méthodes de mesures de la qualité de l'eau. TSM 2008; 2:123-9.
6. Circulaire française n° 86-170 du 14 Mai 1986 relative à la constitution de Cellules Mobiles d'Intervention Chimique (CMIC).
7. Bornert G. Gestion des approvisionnements en eaux en situation d'exception. TSM 2011; 5:67-82.
8. CBRN protection systems for defense forces and population. http://www.nexter-group.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=132&Itemid=270index.php. Dernier accès le 25 décembre 2014.
9. Thomas O, Baures E, Pouet MF. UV spectrophotometry as a non-parametric measurement of water and wastewater quality variability. WQRJC 2005; 40:51-8.
10. Spinelli S, Gonzalez C, Thomas O. UV spectra library. In: Thomas O, Burgess C (eds.) UV-visible spectrophotometry of water and wastewater. Amsterdam, Elsevier; 2007. pp. 267-356.
11. Hancher CW, Thacker LH, Phares EF. A fiberoptic retroreflective turbidity-meter for continuously monitoring cell concentration during fermentation. Biotechnol Bioeng. 1974; 15:475-84.
12. Boni M, Orlandini P, Karom A, Koehle O, Bornert G. Contamination intentionnelle des eaux par des toxines. Médecine et armées 2010; 38:221-8.