

Surveillance et intervention d'urgence en période de crue : sécurisation du dispositif et fonctionnement en mode dégradé

Monitoring and emergency response during flood periods : securing the device and operating in degraded mode

S. Chardes¹, A. Castagnet¹, C. Dast¹, T. Mallet¹, N. Issart²

¹ Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement des digues du delta du Rhône et de la Mer –
SYMADREM, Arles, France, symadrem@symadrem.fr

² Ville d'Arles – Arles, France, nicolas.issart@ville-arles.fr

Résumé

Le SYMADREM gère quatre systèmes d'endiguement fluviaux et un système d'endiguement maritime sur plus de 250 km d'ouvrages de protection. En période de crue, il déploie un dispositif de surveillance spécifique permettant de détecter, au plus tôt, les éventuels désordres. Ce dispositif prévoit la surveillance des ouvrages sur le terrain par des équipes communales. Des travaux d'urgence peuvent être effectués par une entreprise, si nécessaire. Un poste de commandement composé d'agents du SYMADREM est en contact radio permanent avec les équipes communales et l'entreprise.

Suite aux événements passés et à ses exercices de simulation de crues, le SYMADREM a identifié différents points de faiblesses dans son dispositif. Il a ainsi défini différentes pistes d'amélioration. Depuis 2011, il met en œuvre des opérations ayant pour but d'améliorer et de sécuriser chaque maillon de son dispositif de surveillance depuis la prévision des crues, jusqu'aux interventions d'urgence. Ces améliorations concernent aussi bien l'organisation des procédures, le développement d'outils que la réalisation des travaux d'urgence.

Il a fallu, tout d'abord, sécuriser la prévision de crues par le déploiement d'un outil indépendant, propre au syndicat. Ensuite, l'installation de divers équipements sur les ouvrages tels que des bornes de repère a permis de faciliter la détection de désordres par les équipes de surveillance. Par ailleurs, des aménagements spécifiques ont été déployés pour augmenter la rapidité d'intervention de l'entreprise de travaux d'urgence (rendre les digues carrossables, créer des aires de stockage de matériaux...).

En complément de ces opérations, le SYMADREM a fiabilisé et sécurisé son poste de commandement pour faire face à toutes les situations dégradées susceptibles de se produire tels que des coupures électriques, des pertes de connexion internet et d'accès aux réseaux...

Gagner en rapidité de détection et d'intervention reste l'objectif principal de cette sécurisation, afin d'éviter que le désordre ne se transforme en brèche.

Mots-clés

crue, sécurisation, surveillance, urgence, dégradé

Abstract

The SYMADREM (Public institution for management of river and sea levees in the Rhône delta) manages four levees systems and one sea levees system on more than 250 km of safety works. In flood period, it displays a monitoring device which allows to detect, at the soonest, the potential damages. This device plans supervision of the works by municipal teams. In case of need, emergency works can be carried out by contractors. A team of SYMADREM agents, settled in a control room, is in permanent radio contact with the municipal teams and the contractors.

Following the past events and its flood simulation exercises, the SYMADREM detected different weaknesses in its monitoring device. Thus, it determined some improvement measures. Since 2011, it implements operations aiming to improve and secure each chain link of its monitoring device, from the flood forecast to the emergency procedures. These improvements fit just as well for the processes organization, tools development than for works accomplishment.

First, we had to secure the flood forecast by displaying a tool specially dedicated to our institution. Then, the installation of diverse facilities on the works, such as landmark plates, allowed to ease the damages detection by the monitoring teams. Furthermore, specific installations were spread to increase the emergency work company intervention velocity (make the levees driveable, build storage areas for materials...).

In addition to these operations, the SYMADREM made reliable and secured its command post to face all the degraded situations susceptible to occur, such as power outage, loss of internet connection and impossibility to access the networks...

Gain in detection and intervention speed remains the main goal of this securing, in order to prevent the damage before becoming a breach.

Key Words

flood, to secure, monitoring, emergency, degraded

Introduction

Le Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement des Dignes du Delta du Rhône et de la Mer (SYMADREM) gère en toutes circonstances quatre systèmes d'endiguement fluviaux et un système d'endiguement maritime constitués de 250 km d'ouvrages de protection. Il dispose d'un plan de gestion de ces ouvrages en période de crues (PGOPC), qui repose sur la surveillance linéaire des ouvrages par des équipes de surveillance mises à disposition par les communes riveraines du Rhône et des interventions d'urgence.

La présente communication décrit la gestion des ouvrages des systèmes d'endiguements fluviaux en période de crues et les points ayant nécessité d'être sécurisés ainsi que les outils spécifiques, dédiés à la surveillance et à la prise de décision, destinés à améliorer l'efficacité du dispositif.

Gestion des systèmes d'endiguement en période de crue

Dès sa création en 1999, le SYMADREM a mis en place une surveillance visuelle des ouvrages en période de crue. Au cours des crues importantes de septembre 2002, novembre 2002 et décembre 2003, cette organisation a permis le traitement de plusieurs dépôts de brèches (25 et 16 lors des crues vingtennale et centennale de novembre 2002 et décembre 2003) et d'éviter ainsi l'inondation des zones protégées par les ouvrages du SYMADREM [3].

Lors de l'extension du périmètre du SYMADREM en 2005, cette organisation a été étendue aux ouvrages de protection contre les crues situées en rive droite du Rhône.

En fonction du débit du Rhône mesuré ou prévu par la station hydrométrique de Beaucaire/Tarascon, des procédures sont définies afin de surveiller les digues et intervenir en cas de nécessité. Dès que les ouvrages sont sollicités par le fleuve en crue, un Poste de Commandement (PC) est constitué, et la surveillance linéaire est assurée par des équipes de surveillance. L'organisation de la surveillance est fonction de la géométrie, de la configuration des ouvrages et des états d'alerte.

La quasi-totalité des désordres est initiée par érosion (interne ou externe). À la différence du glissement de talus qui est soudain, l'érosion est un phénomène progressif de déstructuration de l'ouvrage ce qui laisse le temps au SYMADREM d'apprécier le risque en fonction de la cinétique en cours.

Les correspondants communaux font l'objet de formation par le SYMADREM. En revanche, les équipes de surveillance changent trop souvent pour faire l'objet de telles formations. C'est pourquoi leur rôle est limité à la détection de désordres. Dès qu'un désordre est détecté par une équipe, une évaluation de la gravité du désordre est effectuée par le SYMADREM. Le désordre peut en quelques heures se transformer en un départ de brèche. Dans ce cas, le SYMADREM passe commande à l'entreprise d'interventions d'urgence afin d'exécuter les travaux nécessaires au traitement du désordre [1].

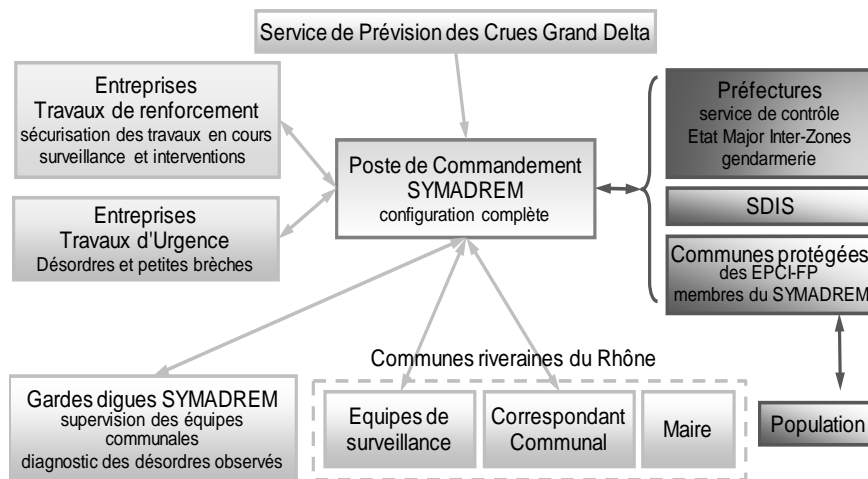


FIGURE 1. Représentation des acteurs du dispositif.

Il est donc essentiel de mettre en place une surveillance linéaire des ouvrages, dans le but de détecter les désordres engendrés par la crue, dès leur origine et de les traiter immédiatement, si cela ne peut attendre la décrue et le ressuyage des ouvrages. L'objectif est d'éviter que le désordre s'aggrave et entraîne la rupture de l'ouvrage.

Ce dispositif conjugue l'obligation du SYMADREM dans le maintien en toutes circonstances du niveau de sûreté des ouvrages dont il a la charge et les obligations du maire en matière de prévention des inondations.

Des difficultés de mise en œuvre des procédures en période de crue

Le document de consignes et d'organisation en toutes circonstances du SYMADREM prévoit la réalisation d'un exercice de simulation tous les deux ans.

Lors de ces exercices, des équipes de surveillances inspectent les digues et repèrent des désordres fictifs positionnés sur les ouvrages et les communiquent au poste de commandement.

Or lors des premiers exercices de simulation de crues en 2009, les équipes communales équipées de téléphone mobile GSM ne pouvaient contacter (nombreuses zones blanches) et transmettre les informations issues de leurs observations terrain, fragilisant et retardant ainsi la prise en compte de l'observation et l'intervention éventuelle de l'entreprise.

Lorsque l'équipe arrivait à contacter le poste de commandement, l'équipe avait des difficultés à fournir des informations de géolocalisations du désordre car il y a peu de points remarquables en zone rurale.

Une autre difficulté qui n'est pas apparue lors de ces exercices de crue mais qui a été éprouvée en 2002 et 2003, concerne la circulation sur les digues et l'accès aux engins en tout point des systèmes d'endiguements et par tous les temps. Cette circulation est un facteur capital de la surveillance et des interventions en période de crues. Elle permet, d'une part, d'optimiser les

opérations de surveillance et d'autre part, d'intervenir dans les meilleurs délais, en cas de détection de désordres.

Par ailleurs, les crues passées ont montré que la distance importante à parcourir pour l'approvisionnement en matériaux, dans le cadre des interventions d'urgence des entreprises de travaux publics, se traduit par des délais importants et un manque de réactivité de l'entreprise d'urgence.

Ces différents constats ont permis d'identifier plusieurs axes d'amélioration afin de sécuriser ce dispositif et de fiabiliser les procédures.

Faciliter le repérage des désordres et les accès aux ouvrages pour les équipes de surveillance

Les équipes de surveillance sont constituées de personnes aux profils divers (retraités, agents municipaux des services des sports...) peu habituées à intervenir sur des ouvrages de protection.

Il a fallu par conséquent faciliter leur intervention en leur permettant notamment d'accéder aisément aux ouvrages et en facilitant le repérage des désordres sur les ouvrages.

Dans ce cadre, les opérations suivantes ont été mises en œuvre, à savoir :

- des bornes de repère kilométriques sur les ouvrages distants de 250 m environ, afin de faciliter le repérage des désordres par les équipes,
- des plaques en crête de digue localisant et identifiant la présence de réseaux traversants susceptibles de fragiliser la digue (utilisation de code couleur en fonction du type de réseau, et d'un identifiant unique),
- des panneaux de signalisation directionnelle des secteurs de surveillance et des accès, le long des routes départementales et communales afin de faciliter les accès aux ouvrages.



FIGURE 2. Borne repère - plaque de réseaux traversants - panneau de signalisation.

Ces quelques aménagements facilitent la surveillance pour les équipes communales et permettent de gagner en rapidité de détection des désordres, sans de lourds investissements.

Réduire les délais d'intervention de l'entreprise d'interventions d'urgence

Un marché de travaux d'urgence est passé avec des entreprises locales s'engageant sur des délais d'intervention de 1 heure après le passage de la commande sous forme « orale ».

Afin de garantir ces délais d'interventions, des accès aux ouvrages existants ont été créés et certains impraticables par temps de pluie ont été rendus carrossables.

Par ailleurs, une opération consistant à rendre la crête de digue circulaire par tous temps a été réalisée. Dorénavant, toutes les digues sont carrossables permettant ainsi la circulation de tout type de véhicule.

En complément, neuf aires de stockages de matériaux ont été créées et aménagées sur des parcelles propriétés du SYMADREM. Elles sont disposées régulièrement le long des digues et permettent les premiers approvisionnements en cas d'intervention d'urgence, réduisant ainsi les délais d'intervention.

Lors de la crue du 23 novembre 2016 ($Q_{max} = 8\,300\text{m}^3/\text{s}$), un départ de brèche a été détecté par le garde-digue à 6h55. Une heure après, l'entreprise d'intervention d'urgence était sur place et commençait à disposer des enrochements. Le débit d'entrée a été rapidement contrôlé, les travaux se sont terminés à 17h00. Entre 20 000 et 30 000 m^3 d'eau se sont déversées dans la zone protégée, dans un rayon de 250 m autour de la brèche.

Un phénomène analogue lors de la tempête de novembre 2014 s'est également produit sur la digue du Petit Rhône rive gauche proche de l'embouchure avec la Mer [4].

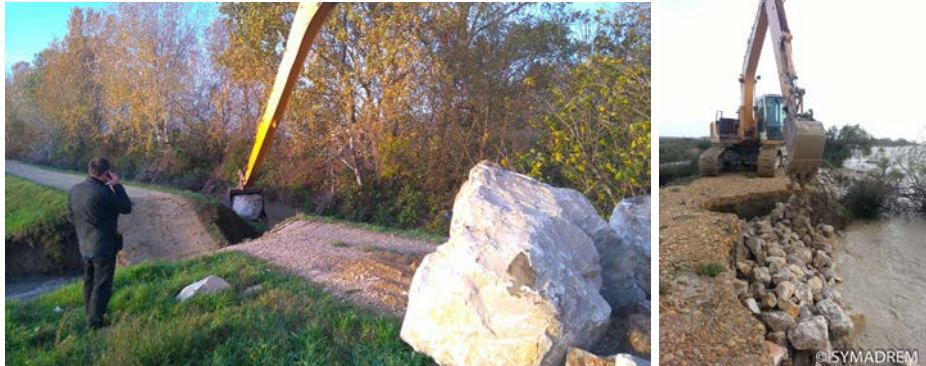


FIGURE 3. Colmatage de la brèche de Ventabren en 2016 (gauche) et colmatage du départ de Brèche de l'Amarée lors de la tempête de 2014 (droite) .

Sécurisation des communications entre les agents sur le terrain et le poste de commandement

La mise en œuvre de la surveillance en période de crue comporte une part importante de communications orales particulièrement entre le PC et les équipes de surveillance qui cheminent et surveillent les ouvrages et également entre le PC et les gardes-digues du SYMADREM.

En situation normale, certains secteurs de digues ne sont pas couverts par les opérateurs GSM.

En situation dégradée, notamment inondation, panne électrique généralisée, les communications par téléphones mobiles GSM ne sont plus assurées ni même les systèmes radio analogiques en raison de la saturation des réseaux. Cette impossibilité d'établir des communications, en situation dégradée ne permettait donc pas d'assurer une mise en œuvre du PGOPC fiable.

Suite à ce constat, le SYMADREM a déployé son propre réseau radio numérique Tetra couvrant tout son périmètre de compétence grâce à un maillage de plusieurs antennes.

Ce système radio en plus de gérer des communications sécurisées, permet la géolocalisation des équipes et des agents présents sur les ouvrages.

Lorsqu'une équipe détecte un désordre, le PC peut localiser l'appel et définir précisément sa localisation depuis une interface cartographique dédiée.

Ces radios sont également équipées de la protection du travailleur isolé permettant d'assurer la sécurité des équipes et agents en période de crue.

Hors période de crues, les besoins de communication étant moins importants, ce réseau a été proposé à la mutualisation aux opérateurs publics. La commune d'Arles utilise cette couverture radio pour les besoins de communication de sa police municipale.

Le déploiement de ce réseau radio a coûté 1,5M € HT en 2015 et a nécessité quelques années d'utilisation (une crue et plusieurs exercices de simulation) afin qu'il soit pleinement en adéquation avec les besoins de la surveillance. Malgré les coûts de déploiement et de maintenance conséquents, ce dispositif a permis de sécuriser toute la chaîne de communication entre les équipes et le PC. Il est dorénavant un élément indispensable dans le dispositif.

Des outils spécifiques dédiés à la surveillance et à la prise de décision

Sécuriser la prévision des crues

Un autre point de faiblesse identifié est la probabilité de rupture de la connexion au serveur de *Vigicrue*, en situation dégradée, ou bien la saturation momentanée de celui-ci en situation normale ou en situation dégradée.

Dans cette situation, le SYMADREM n'a plus la prévision et n'a plus accès aux données en temps réel des stations hydrométriques du Rhône et de ses affluents.

En 2015, le SYMADREM a créé un outil sommaire de prévision de crue se basant sur la propagation de l'onde de crue à partir de données de débits sur des stations amont. Cet outil donne une prévision de débit à 9 heures rendant plus efficace l'anticipation de crise [5].

Cet outil est également utilisé dès le début de la crue, afin de visualiser les premières tendances de l'évolution de la crue, dans l'attente de celles annoncées par *Vigicrue*.

Surveillance des lignes d'eau en différents points

Le SYMADREM a équipé les ouvrages, dont il a la gestion, de stations limnigraphiques afin de recueillir les données des hauteurs d'eau en temps réel en différents lieux sur son périmètre de compétence constituant ainsi un véritable réseau de surveillance des hauteurs d'eau sur les digues du delta du Rhône.

Actuellement, les niveaux de protection des systèmes d'endiguement définis dans les études de dangers [5] sont appréciés au regard du débit du Rhône à la seule station de Beaucaire/Tarascon.

Toutefois différentes incertitudes viennent entacher les lignes d'eau utilisées pour la détermination des niveaux de protection tels que les coefficients de rugosité, les variations de la bathymétrie, les influences du niveau marin, et les brèches.

Afin de s'affranchir de ces incertitudes, le SYMADREM souhaitait mieux calibrer les niveaux de protection en déterminant plus précisément ces niveaux de protection sous forme de profil en long en fonction des hauteurs d'eau et non plus en fonction de la seule station de Beaucaire/Tarascon.

Pour cela, il a fait le choix de disposer de stations réparties :

- sur l'ensemble de son périmètre de compétence afin de disposer d'une ligne d'eau la plus représentative possible de la ligne d'eau réelle,
- au niveau des déversoirs, notamment au niveau du déversoir de Boulbon et en amont et aval des digues résistantes à la surverse. Dans ce cas, les stations permettront de contrôler et d'évaluer les pertes de charge entre la section amont et aval,
- dans la traversée d'Arles et notamment aux niveaux des stations historiques,
- au niveau des changements de pente des lignes d'eau,
- mais également à l'approche des embouchures où la concomitance des tempêtes marines et crues du Rhône rend très complexe la détermination du niveau de protection.

Intégrer l'ensemble de ces paramètres a amené le SYMADREM à s'équiper d'une vingtaine de limnigraphes. Les données de ces capteurs transitent via le réseau radio sécurisé du SYMADREM.

Un outil dédié permet de visualiser les données des différentes stations mais également de superposer les lignes d'eau aux différentes cotes des ouvrages (cote de la crête de digue, niveau de protection, cote des pieds de digues).

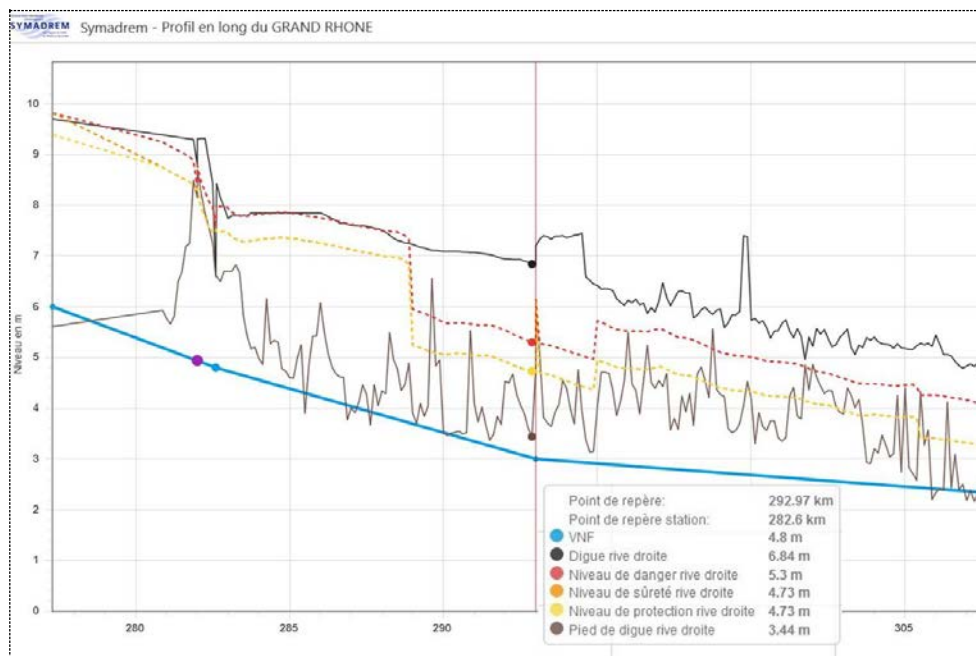


FIGURE 4. Profil en long de la ligne d'eau (en bleu) sur le grand Rhône avec les différents niveaux des ouvrages (cote crête, pied de digue, niveau de protection...).

Des alarmes sont également paramétrées pour recevoir des messages automatiques dès le dépassement de seuil de préalerte.

Lors du déploiement de ces limnigraphes, des échelles limnimétriques ont été également installées. Elles permettent de calibrer les capteurs mais elles peuvent également servir en cas de défaillance à réaliser une lecture visuelle de la ligne d'eau.

Les données de ces capteurs sont également partagées et accessibles sur l'*Hydroportail* (site d'accès aux données hydrométriques et hydrologiques, développé par le SCHAPI).

Détection des suintements par la fibre optique d'auscultation

Dans le cadre d'opération de renforcement des digues en amont d'Arles, environ 25 km d'ouvrages de protection ont été équipés de système de surveillance par fibre optique [2] afin de détecter précocement des fuites. Ce système ne se substitue pas à la surveillance visuelle mais il apporte une information et un niveau de vigilance supplémentaire permettant de détecter des fuites « naissantes » pas encore visibles par les équipes. À ce jour, ce système n'a pas été éprouvé, par conséquent il est utilisé à titre expérimental.

Photothèques

Une photothèque conçue à partir d'une simple organisation de répertoires photographiques est à disposition des agents du PC. Elle permet de visualiser les ouvrages de protection à chaque borne de repère, c'est-à-dire tous les 250 m environ dans les 4 directions autour de la borne.

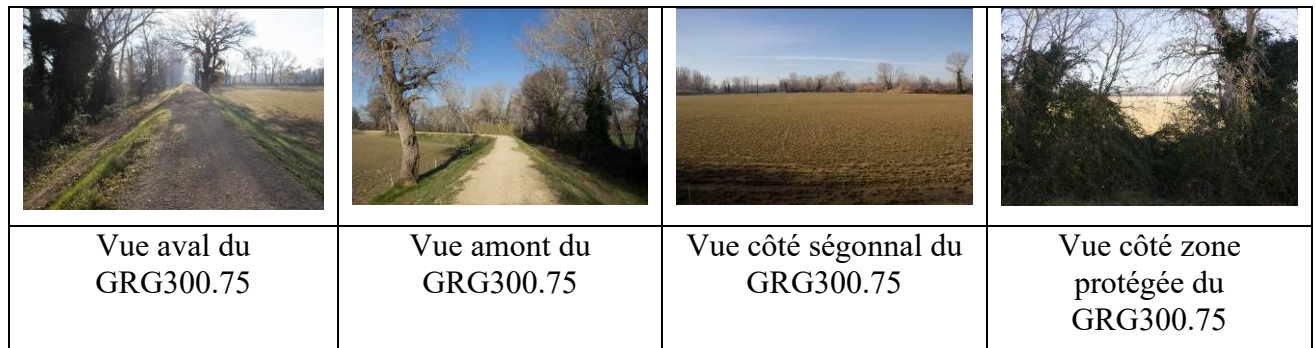


FIGURE 5. Aperçu de la photothèque au niveau du point de repère 300.75 sur le grand Rhône en rive gauche.

Cette base de données photographiques apporte des informations rapides aux agents du PC sur l'environnement proche d'un désordre détecté.

Sécurisation du réseau informatique en mode dégradé

En situation dégradée, le PGOPC doit être maintenu opérationnel. Le SYMADREM bénéficie pour cela du soutien technique de la Direction des Services Informatiques (DSI). Les systèmes informatiques de la ville d'Arles, de la Communauté d'Agglomération Arles Crau Camargue

Montagnette (ACCM) et du SYMADREM sont mutualisés depuis 10 ans. Cette organisation gérée par la DSI a permis de générer des bénéfices et des synergies importantes. Les réseaux numériques sont ainsi particulièrement bien maillés et de fait très résilients. La DSI veille notamment sur les dispositifs à :

Sécuriser l'accès aux données (sauvegarde, plateforme dématérialisée et double ligné d'accès aux réseaux)

La sauvegarde des données générales du système d'information est réalisée 2 fois par jour sur 3 systèmes différents.

Dans le cas où une coupure bloque l'accès aux réseaux informatiques, les données utiles en crues sont conservées dans les locaux du SYMADREM et sont accessibles depuis un disque dur externe.

Une plateforme dématérialisée stocke également une partie des données indispensables en crue. Les données nécessaires aux agents du PC sont également disponibles en format papier.

Les bâtiments du SYMADREM, du Centre Hospitalier et ceux de la ville sont interconnectés via une double boucle réseau. Cette boucle optimise les connexions et communications entre les différents équipements et accroît la sécurité des données et des applications.

Accès internet

Les accès internet et au réseau de téléphonie sont entièrement redondés, aussi bien sur chaque matériel mais également sur des opérateurs et parcours de fibre différents, sans aucun SPOF (Single Point of Failure).

En complément, le SYMADREM dispose d'un abonnement auprès d'un autre opérateur mettant à disposition une box d'accès à internet mais également un téléphone mobile dédié au partage de connexion des données 4G dans le cas où l'accès internet de la ville serait défaillant.

L'alimentation électrique

Un groupe électrogène pour l'alimentation électrique basse tension du siège du SYMADREM a également été installé pour remédier à des coupures éventuelles du réseau public.

Conclusion

Dans un premier temps, les améliorations du PGOPC se concentraient essentiellement sur une recherche de gain de temps et d'efficacité aussi bien pour la surveillance (en consolidant la chaîne d'alerte), que pour les interventions d'urgence (en augmentant sa capacité de réactivité).

Ensuite, le SYMADREM souhaitait disposer d'outils d'aide à la surveillance et à la prise de décision aussi bien dans l'anticipation de l'événement que dans son suivi. Tous les outils ont été conçus pour être facilement exploitables et utilisables sans besoin de formation au préalable. La gestion et le maintien de ces outils dans le temps sont primordiaux pour être opérationnel en crue.

Dernièrement, les améliorations concernent l'anticipation d'événements amenant à dégrader le fonctionnement du PC par la sécurisation des accès aux réseaux, aux données...

Depuis 15 ans, ces différentes sécurisations ont été effectuées par phases successives permettant ainsi de lisser les dépenses mais également une appropriation progressive par les agents lors

notamment des exercices de simulation de crue. Par ailleurs, chaque outil nécessite également des réajustements qui peuvent être longs avant de trouver le paramétrage le plus en adéquation avec nos pratiques.

Bien que d'importants progrès aient été faits depuis sa première mise en œuvre, ce dispositif reste toutefois encore perfectible. Les crues, les exercices de simulation de crue ou le partage d'expérience entre gestionnaires seront à l'origine de nouveaux besoins d'améliorations.

Remerciements

Nous remercions tous les acteurs qui contribuent à l'élaboration de ce dispositif et à son maintien dans le temps. Nous remercions également la Région Auvergne Rhône Alpes qui nous a accompagnés dans la mise en œuvre de ces opérations financées par les fonds européens de développement régional via le Programme opérationnel Interrégional (POI) Rhône Saône.

Références

- [1] Guillot J. *et al.* (2013). *Plan de Gestion des Ouvrages en Période de Crues (P.G.O.P.C.) dans le Grand Delta du Rhône*. 3^e Colloque National sur les digues maritimes et fluviales de protection contre les inondations – Aix-en-Provence – IRSTEA.
- [2] Guidoux C. *et al.* (2019). *Conception et installation d'un système de surveillance innovant pour des digues de protection contre les crues du Rhône*. 3^e Colloque National sur les digues maritimes et fluviales de protection contre les inondations – Aix-en-Provence – IRSTEA.
- [3] Mallet T. *et al.* (2019). *Études de dangers des systèmes d'endiguement fluviaux dans le delta du Rhône*. 3^e Colloque National sur les digues maritimes et fluviales de protection contre les inondations – Aix-en-Provence – IRSTEA.
- [4] Mallet T. *et al.* (2019). *Accidentologie des digues du delta du Rhône de 1840 à nos jours*. 3^e Colloque National sur les digues maritimes et fluviales de protection contre les inondations – Aix-en-Provence – IRSTEA.
- [5] Mallet T. *et al.* (2018). *Gestion des systèmes d'endiguement fluviaux du delta du Rhône en période de crues - de la prévision des crues à la gestion de crise...* Colloque SHF Avignon, Novembre 2018.