



Entre crues éclairs dans le sud-est, débordements de cours d'eau dans l'ouest et le nord, ruissellements urbains après des pluies intenses, etc., tous les territoires sont concernés. Les outils de surveillance (ici, le débitmètre radar Phoenix de rivière de Cometec) deviennent donc centraux.

ARTICLE INTERACTIF



Face à un accroissement des risques de crues, les outils d'alertes se modernisent

Éloïse Renou

Abstract

Every year, France faces large-scale flooding. Long considered isolated incidents, these events are now becoming increasingly frequent due to global warming. In response to this rising risk, monitoring and warning systems are constantly proliferating and—above all—improving. At the same time, the legislative framework is also evolving to better distribute prevention and management resources across the country.

Chaque année, la France est confrontée à des inondations de grande ampleur. Longtemps considérés comme anecdotiques, ces épisodes tendent désormais à se multiplier sous l'effet du réchauffement climatique. Face à cette augmentation du risque, les systèmes de surveillance et d'alerte ne cessent de se multiplier et, surtout, de s'améliorer. Parallèlement, le cadre législatif évolue lui aussi pour mieux répartir les moyens de prévention et de gestion sur le territoire.

Selon une étude de la Caisse centrale de réassurance (CCR) publiée en 2023, la sinistralité liée aux inondations pourrait augmenter de 6 à 19 % d'ici 2050¹. Les collectivités territoriales se retrouvent donc en première ligne. Créée par la loi de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles, dite

loi « Maptam » du 27 janvier 2014, la taxe pour la Gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations (GEMAPI), destinée à financer les travaux permettant de réduire ces risques et les dommages causés aux personnes et aux biens, est régulièrement jugée insuffisante par les élus locaux. Depuis 2018, elle est gérée par les intercommunalités.

1. Rapport législatif de la proposition de loi portant une gouvernance claire, juste et solidaire pour la gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations (GEMAPI) [https://www.senat.fr/rap/125-466/125-466_mono.html].

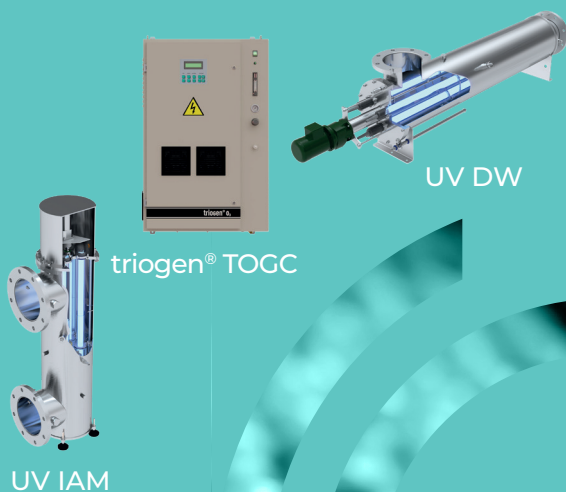


BIOUV
Group

Prêt à faire de la REUT ?

Solutions pour la
réutilisation des
eaux en industrie
agroalimentaire
par UV et ozone

- + qualité de l'eau délivrée de classe A ou B
- + économie d'eau
- + solutions clé en main



Scanner pour
découvrir nos
solutions

équation économique reste d'autant plus complexe que le coût de l'eau demeure encore relativement faible en France: on raisonne donc moins en économie directe d'eau qu'en sécurisation de l'activité industrielle face aux futures tensions hydriques.

Cette évolution pousse aussi certains acteurs à proposer des modèles plus intégrés. Les industriels cherchent parfois à externaliser une partie du pilotage d'installations devenues beaucoup plus complexes à exploiter au quotidien. « *Quand on fait du jambon, son métier n'est pas de piloter des plans d'eau complexes!* », sourit David Gautier, de Nalco Water.

L'innovation se déplace ainsi progressivement vers la donnée, le logiciel et le pilotage des installations. Les technologies de traitement continuent d'évoluer mais sans rupture majeure annoncée à court terme. Les gains les plus attendus concernent davantage la supervision des équipements, l'anticipation des dérives, ou encore l'optimisation énergétique des filières. « *Il y a un vrai sujet tant sur la partie surveillance et anticipation que sur la gestion et le pilotage avec l'IA* », estime Khaled Al Mezayen, d'InovaYa. « *Nos installations, monitorées à distance 24h/24 7j/7, nous permettent d'analyser finement leur fonctionnement et d'évaluer la nécessité d'une maintenance préventive ou non. La qualité d'eau est ainsi sécurisée en temps réel* », affirme Julien Moinot, d'Ekopak France.

L'exploitation des données pourrait notamment permettre d'anticiper certains phénomènes d'encrassement, d'ajuster plus finement les nettoyages, ou encore de mieux corrélérer les variations de production avec les performances des installations de traitement. L'objectif n'est pas d'automatiser entièrement les usines mais plutôt de rendre ces installations plus robustes et plus simples à exploiter dans la durée. Par exemple, BioFiltro Europe travaille sur l'articulation entre traitements biologiques (à faible empreinte énergétique, dans son cas) et filières avancées afin de rendre la REUT également économiquement soutenable. « *Dans l'industrie agroalimentaire, le rôle des équipes est de produire, non de piloter une mini-usine de traitement d'eau. Il faut évidemment des équipements robustes, mais surtout simples d'exploitation et (souvent) capables de sécuriser automatiquement les flux en cas de dérive. Le point critique n'est pas seulement de produire une eau conforme, c'est aussi d'empêcher automatiquement qu'une eau non conforme parte vers le mauvais usage* », indique Nicolas Meudal (1h2o3).

La REUT entre donc dans une phase moins démonstrative mais probablement plus structurante pour l'industrie agroalimentaire. Après les premiers pilotes et les premiers retours de terrain, le véritable enjeu consiste désormais à rendre ces installations exploitables, pilotables et économiquement soutenables sur le long terme. ●

Une nouvelle proposition de loi, adoptée au Sénat le 7 avril 2026, prévoit désormais un mécanisme de solidarité financière à l'échelle des bassins versants via les Établissements publics territoriaux de bassin (EPTB)². Elle ouvre également la possibilité pour les collectivités d'élaborer des programmes d'actions de prévention des inondations (PAPI) bénéficiant d'un soutien financier de l'État. Par ailleurs, la taxe GEMAPI reste nuancée par plusieurs associations comme celle des petites villes de France (APVF). Selon elle, cette taxe « ne peut suffire à couvrir des besoins croissants et très inégalement répartis »³. Et, pourtant, tous les territoires sont concernés : crues éclaircies dans le sud-est, débordements de cours d'eau dans l'ouest et le nord, ruissellements urbains après des pluies intenses...

Dans ce contexte, les outils de surveillance deviennent centraux. Plusieurs acteurs du secteur regrettent toutefois un manque d'anticipation et une prévention encore insuffisante. Si certains particuliers veulent protéger leur habitation individuellement, les professionnels rappellent vite les limites de cette logique. « Même avec des protections, il y aura toujours de l'eau. Il faut penser quartier par quartier », résume Loïc Perret, fondateur et dirigeant d'Esthi, entreprise spécialisée en protection et systèmes de régulation des eaux de surface.



Le choix d'une solution dépend d'abord de la largeur, du marnage, de la profondeur d'eau, ou encore de la morphologie du terrain, chaque technologie (ici, un capteur de niveau à ultrasons Mach U) ayant ses avantages et ses limites.

Le coût des inondations, lui, continue d'augmenter. En décembre dernier, Que Choisir Ensemble (anciennement UFC-Que Choisir) estimait que les primes d'assurance habitation pourraient augmenter de 8 à 11 % d'ici 2026. Selon la CCR, la tempête Nils aurait déjà entraîné près d'un milliard d'euros de dommages. Et cette dynamique pourrait encore s'accélérer : près de 47% des communes françaises comportent aujourd'hui des zones inondables, soit environ 17 millions de Français concernés.

Dans le champ de l'hydrologie, même le vocabulaire est parfois mal maîtrisé. Une crue désigne l'augmentation temporaire du débit ou du niveau d'un cours d'eau. L'inondation correspond, elle, au débordement de l'eau sur des zones habituellement hors d'eau, avec des conséquences pour les personnes ou les biens. Une crue ne provoque donc pas systématiquement une inondation. Mais avec l'intensité croissante des pluies, certaines inondations surviennent avant même que les cours d'eau ne débordent. « Avant d'arriver à la rivière, cela crée déjà des inondations. Une fois la crue déclenchée, cela fait double effet. Ce phénomène se nomme ruissellement », explique Loïc Perret (Esthi).

UN MANQUE DE PRÉVENTION ?

Il existe aussi des inondations par ruissellement qui surviennent « lorsqu'une part de l'eau de pluie ne s'infiltré pas dans le sol, ou dépasse les capacités des dispositifs de gestion des eaux »⁴. Et elles peuvent s'aggraver en fonction du secteur géographique (plaine en aval, reliefs accidentés, etc.) ou de l'état et des caractéristiques du sol. C'est pour cela qu'il est nécessaire que les collectivités soient accompagnées. Alix Roumagnac, fondateur et président de Predict Services, explique ainsi intervenir bien avant la



Les informations collectées par les capteurs (ici, un capteur de niveau radar Vegapuls Air de Vega) alimentent les outils d'aide à la décision utilisés par les collectivités. Mesurer un niveau, c'est transformer une donnée brute en capacité d'action.

2. Le Sénat adopte à l'unanimité en première lecture sa nouvelle proposition de loi sur la Gemapi [https://www.banquedesterritoires.fr/le-senat-adopte-lunanimite-en-premiere-lecture-sa-nouvelle-proposition-de-loi-sur-la-gemapi].

3. GEMAPI : une avancée au Sénat, des attentes fortes des petites villes [https://www.apvf.asso.fr/actualite_evenement/gemapi-une-avancee-au-senat-des-attentes-fortes-des-petites-villes/].

4. https://www.georisques.gouv.fr/consulter-les-dossiers-thematiques/dossier-expert-sur-les-inondations.

Les crues éclair et les inondations par ruissellement résultent généralement de cellules orageuses localisées susceptibles d'évoluer rapidement. Ces cellules se déplacent, ralentissent, se développent ou se dissipent au cours de l'épisode, et l'intensité des précipitations varie fortement d'un endroit à l'autre, d'un moment à l'autre.



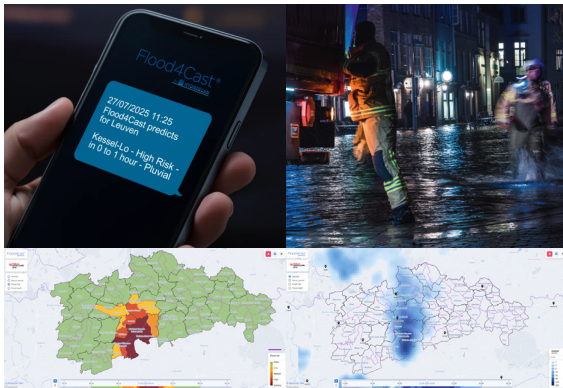
Flood4Cast® s'appuie sur la prévision immédiate, ou nowcasting, des précipitations à partir d'images radar. Cette prévision est croisée avec une analyse statistique et la susceptibilité du terrain aux inondations afin d'en déduire un risque d'inondation localisé. Le calcul est réalisé toutes les 5 à 10 minutes, au rythme du rafraîchissement des données radar.

Cette cadence répond à une contrainte physique : une prévision vieillit vite, puisqu'un changement de trajectoire, un ralentissement ou une intensification de la cellule orageuse modifie la zone exposée et la lame d'eau attendue. En se réactualisant sur les dernières observations, le modèle intègre ces évolutions plutôt que de rester sur un état dépassé.

La résolution spatiale répond au même enjeu. Les vigilances nationales sont produites à l'échelle départementale ou régionale, très supérieure à l'emprise d'un épisode localisé. Flood4Cast® restitue le risque à l'échelle infra-communale et, en option, une hauteur d'eau estimée sur une grille de 20 m. La technologie distingue donc les secteurs réellement exposés au sein d'une même commune.

Les niveaux de risque sont exploitables sans expertise hydrométéorologique, et les seuils d'alerte sont paramétrables en fonction des réalités opérationnelles des utilisateurs. L'application peut intégrer les réseaux de capteurs existants (hauteurs et débits des cours d'eau, etc.), mais elle requiert peu de données d'entrée, ce qui lui permet de couvrir les bassins versants et zones urbaines non instrumentés.

Flood4Cast® est en service auprès d'autorités en Belgique, en Allemagne et au Vietnam.



Démonstration et essai sur demande · www.flood4cast.com

ANTI-INONDATION • RETENTION DES EAUX • REGULATION FLUVIALE



CONTACTEZ NOTRE EQUIPE :

 **04 78 95 09 74**

 **contact@esthifrance.com**

Site internet

LinkedIn

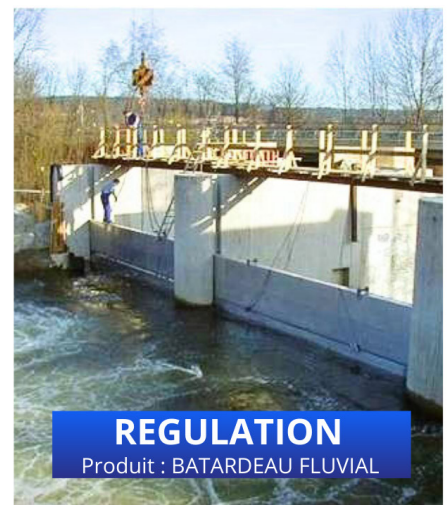
Youtube



INONDATION
Produit : BOXPWALL



RETENTION
Produit : RET-GATE



REGULATION
Produit : BATARDEAU FLUVIAL

EXPERT À VOTRE SERVICE DEPUIS 2007

UNE LARGE GAMME DE PRODUITS INNOVANTS ADAPTES À VOS BESOINS

ESTHI • 27 rue Paul Verlaine • 69100 Villeurbanne • www.esthifrance.com



Les collectivités recherchent des systèmes autonomes et communicants (ici, un débitmètre DLK302 avec kit solaire d'ISMA), capables de fonctionner dans des zones parfois très isolées avec un minimum de maintenance.

crise : « Nous les aidons en amont à préparer le Plan communal de sauvegarde (PCS) ou le Plan intercommunal de sauvegarde. Et, à chaud, on les aide à l'activer, à mettre en œuvre les actions lorsqu'il y a un événement et, après, pour faire un retour d'expérience ».

Face à l'augmentation des épisodes de crues, les collectivités réclament aussi davantage d'accompagnement financier et administratif. Le 6 mai 2026, le Sénat a définitivement adopté une proposition de loi visant à renforcer la prévention et la gestion des inondations. Les collectivités territoriales ou leurs groupements pourront élaborer des PAPI bénéficiant d'un soutien financier de l'État. Ces programmes devront répondre à un cahier des charges national et obtenir une labellisation officielle⁵.

Par ailleurs, Predict Services, pour sa mission, s'appuie notamment sur le concept de « systèmes d'alerte précoce »,

déjà largement développé à l'international. « Cela repose sur quatre briques : la connaissance du risque, la préparation, le monitoring et la diffusion des recommandations », précise le président de l'entreprise. Pour ce faire, cette dernière développe également des partenariats avec des assureurs comme Groupama, qui intègrent des services d'aide à la décision dans les contrats d'assurance des collectivités. Objectif : réduire les sinistres et optimiser les coûts de prévention.

Sur le terrain, les difficultés persistent. « Les élus ne sont pas des spécialistes de l'hydraulique ou de l'inondation », rappelle ainsi Alix Roumagnac. Selon lui, les communes ont avant tout besoin « de décisions claires et compréhensibles » afin de savoir quelles actions mettre en œuvre lors d'un épisode de crue. Et, pour pouvoir opter pour de telles décisions, il est impératif d'avoir des mesures sur les cours d'eau eux-mêmes.

« Les outils comme Vigicrues ou APIC reposent principalement sur les prévisions de précipitations. Mais pour anticiper réellement une crue, il faut aussi connaître l'état réel des cours d'eau, leur taille, ou encore les obstacles comme les ponts et les digues », relève Christophe Lichtle, gérant d'ISMA. « Nos solutions permettent justement d'alimenter les banques de données de ces outils. Et c'est grâce aux données collectées in situ que les prévisions sont de plus en plus fiables », indique Ludovic Pottier, gérant de DTEK (représentant des marques SonTek, SurfBee et YSI d'Xylem en France).

L'ART DE CHOISIR LES BONS CAPTEURS

Aujourd'hui, seuls un tiers des cours d'eau français sont surveillés en temps réel. Mais en 2030, les choses seront différentes puisque l'intégralité du territoire devra être couvert, ce qui implique une multiplication des capteurs⁶. Sur le terrain, leur choix dépend fortement des caractéristiques locales. Tous les acteurs interrogés insistent d'ailleurs sur ce point : il n'existe pas de solution universelle. « Si vous n'avez pas le bon capteur pour mesurer, c'est compliqué », mentionne Guy Deiber,

responsable marketing Produits chez Vega Technique.

Dany Engel, expert en hydrométrie et technologie Doppler chez ADCPro, explique que le choix dépend d'abord « de la largeur, du marnage, de la profondeur d'eau, ou encore de la morphologie du terrain ». Chaque technologie possède ses avantages et ses limites. « Lorsqu'il y a un peu de mousse ou des remous, on privilégiera un capteur radar plutôt qu'un capteur à ultrasons, parce que la technologie radar est meilleure dans ces conditions », précise ce spécialiste. Les capteurs radar présentent aussi l'avantage de fonctionner sans contact direct, les rendant moins sensibles au vent, aux précipitations ou à l'ensoleillement.

Pendant longtemps, beaucoup de collectivités se sont contenté de surveiller la hauteur d'eau. Mais cette approche montre aujourd'hui ses limites. « Lors d'une crue, on voit souvent d'abord l'eau s'accélérer avant de monter. Donc, la hauteur d'eau, c'est très bien, mais quand l'eau monte, c'est déjà qu'elle a été freinée en aval », explique Olivier Paillard, directeur commercial de Cometec. D'où le développement de dispositifs capables de mesurer non seulement le niveau, mais aussi la vitesse du courant. Selon



vorteX-io propose une station de mesure autonome et connectée, capable de mesurer simultanément plusieurs paramètres (hauteur d'eau, vitesse de surface, débit...).

5. Proposition de loi visant à soutenir les collectivités territoriales dans la prévention et la gestion des inondations [<https://www.vie-publique.fr/loi/297591-inondations-prevention-et-gestion-par-les-communes-proposition-de-loi>].

6. Carte vigilance crues pour tous les cours d'eau en 2030 [https://infolettre.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/vigilance_crues_en_2030.pdf].

DÉBIT EN SORTIE DE STEP : UN NOUVEAU DUO RADAR + TRANSMETTEUR REVISITE PERFORMANCE ET SIMPLICITÉ

Sécurisez vos rejets en sortie de STEP avec une solution simple et fiable. Les radars Micropilot FMR20B associés au nouveau transmetteur Flexview FMA90 modernisent la mesure de débit et facilitent la conformité réglementaire au quotidien.

Micropilot FMR10B/20B/30B : une nouvelle ère du radar 80 GHz

Les capteurs radars Micropilot FMR10B, FMR20B et FMR30B incarnent la nouvelle génération de mesure de niveau sans contact dans le domaine de l'eau et des eaux usées. Basés sur la technologie radar 80 GHz, ils garantissent une mesure stable et précise, même en présence de vapeur, mousse ou turbulences. Leur connectivité Bluetooth facilite la mise en service et le diagnostic sur site, tandis que Heartbeat Technology permet de vérifier, à la demande et sans interruption de process, que le capteur mesure toujours dans ses spécifications. Une garantie supplémentaire de fiabilité et de traçabilité pour les points de mesure critiques en assainissement.



Conversion hauteur débit : la maîtrise au cœur du process

Le transmetteur Flexview FMA90 assure une conversion précise et fiable du niveau en débit grâce à l'intégration native des courbes hauteur-débit des canaux et déversoirs normalisés. Associé aux capteurs de niveau

radar, il transforme automatiquement la mesure de hauteur en débit instantané et totalisé, sans calcul externe ni paramétrage complexe. Les assistants de configuration guidés simplifient la mise en service et réduisent les risques d'erreur. Le FMA90

devient ainsi l'élément central d'une mesure de débit robuste et cohérente en sortie de STEP, parfaitement adaptée aux conditions d'exploitation des canaux ouverts.

Une solution pensée pour les défis des exploitants

En apportant traçabilité, continuité et lisibilité des données, le transmetteur Flexview FMA90 sécurise ce point stratégique. Son interface moderne et conviviale, avec écran graphique intuitif et serveur web intégré, facilite l'accès aux informations clés et la compréhension des mesures. Archivage automatique, totalisation fiable et journal d'événements horodaté simplifient le suivi, les contrôles et les audits. En combinant ergonomie, simplicité d'exploitation et fiabilité réglementaire, la solution Endress+Hauser réduit les contraintes quotidiennes et permet aux exploitants de maîtriser durablement la conformité des rejets.



 WEBINAR

Scannez ce QR Code
et découvrez notre webinar
sur les derniers radars et
le transmetteur FMA90.



© nke instrumentation

Certaines sondes permettent désormais la transmission instantanée, par SMS, de données et d'alertes en cas de dépassement de seuils, à l'instar du modèle autonome Leveline-EWS de nke Instrumentation.

lui, « la solution la plus fiable, c'est le sans-contact, même si les mesures peuvent être perturbées par la pluie ou le vent ». Contrairement aux capteurs immergés, les capteurs radar installés au-dessus des cours d'eau évitent les problèmes d'encrassement ou d'ensablement. De plus, les collectivités doivent aussi arbitrer entre deux approches : la mesure de niveau et la mesure de débit. La première permet de suivre la hauteur d'eau à un instant donné pour suivre son évolution, tandis que la seconde est plus

complexe car elle combine la hauteur d'eau et vitesse du courant afin de calculer le volume d'eau en mouvement. Certains dispositifs récents intègrent désormais ces deux fonctions grâce à des doubles capteurs capables de mesurer simultanément la hauteur d'eau et la vitesse de surface. Cette approche s'appuie notamment sur la « courbe de tarage » qui est établie, selon Wikhydro⁷, « à partir de mesures de vitesse faites sur une section de contrôle », une relation propre à chaque site entre hauteur et débit. Elle permet d'estimer le débit à partir d'une simple lecture de niveau. Mais cette courbe doit être régulièrement mise à jour, au moins une fois par an, car les caractéristiques d'un cours d'eau peuvent évoluer sous l'effet de l'érosion, des sédiments ou des crues successives.

Bien plus qu'un simple contrôle du niveau des cours d'eaux, les capteurs de la gamme SonTek de Xylem mesurent véritablement les champs de vitesse et sont ainsi capable de calculer le débit en temps réel. La technologie utilisée (effet Doppler) permet, en outre, un fonctionnement fiable et précis, sans jamais avoir besoin d'un étalonnage, et les capteurs peuvent être raccordés très simplement sur les systèmes de télésurveillance déjà en place des utilisateurs. « Chaque cas est différent et les discussions et les visites de sites font parties intégrantes de nos actions menées sur l'ensemble du territoire », précise Ludovic Pottier, de DTEK.

Cette recherche de précision s'accompagne également d'une simplification des usages sur le terrain. « Certaines sondes bénéficient d'un pilotage à distance par SMS pour leur paramétrage, la récupération des données à la demande et la réception d'alertes », relève Matthieu Schorpp, ingénieur commercial France chez nke Instrumentation. L'entreprise a notamment développé le Leveline-EWS, un système autonome installé dans un tube de protection de diamètre de 50 mm, discret et paramétrable à distance.

La fiabilité des mesures pluviométriques joue, par ailleurs, un rôle déterminant dans les dispositifs d'alerte. C'est dans cette optique que s'inscrit la nouvelle gamme de pluviomètres à auget basculant série RTD de senseca, distribué en France par C2AI. Ces pluviomètres effectuent une mesure précise et normalisée des précipitations – ils sont conformes aux recommandations de l'Organisation météorologique mondiale (*Guide to Instruments and Methods of Observation* [WMO-No. 8]) –, afin de répondre aux exigences des réseaux de surveillance hydrométéorologique. Pour s'adapter aux différentes configurations rencontrées sur le terrain, cette nouvelle gamme propose plusieurs surfaces de collecte (200 ou 400 cm²), différents niveaux de résolution (0,1, 0,2 ou 0,5 mm), une diversité des types de sorties proposée, etc.

D'autres acteurs comme vorteX-io proposent des stations compactes capables

7. [http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Courbe_de_tarage_\(HU\)](http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Courbe_de_tarage_(HU)).

PRÉVENIR PLUTÔT QUE RÉPARER

Pour les professionnels du secteur, la prévention reste le levier le plus efficace. « Son coût est dix à cent fois inférieur au prix des dégâts », souligne Loïc Perret, fondateur et gérant d'Esthi. Ce que confirme Valérie Emmanuel, commerciale chez Feugier Environnement, en ajoutant que « c'est la raison pour laquelle nous travaillons étroitement avec les services de prévention des assurances, car, si dans le passé, les assureurs n'étaient là que pour "réparer les dégâts", ils jouent aujourd'hui le rôle de préventeur et sont très présents auprès de leurs clients pour conseiller. » Les fabricants de batardeaux s'organisent d'ailleurs pour normaliser leur offre et proposer des produits innovants et fiables. « Avec des épisodes de crues de plus en plus présents, la culture du risque est aujourd'hui plus présente chez les habitants en zone inondable, le déploiement des PAPI en France aide les propriétaires à passer à l'action et à s'équiper à moindre coût », constate Valérie Emmanuel. Mais la France accuse encore un retard dans

la culture du risque par rapport à des pays comme les États-Unis ou l'Allemagne, marquée par les importantes inondations des années 1990. Cette évolution passe aussi par le développement de nouveaux dispositifs de protection. Par exemple, les systèmes dits « passifs », comme les batardeaux automatiques capables de se lever sans alimentation électrique, ni intervention humaine. Installés directement dans des structures en béton, ils sont particulièrement utiles dans les zones où le temps de réaction est très limité. D'autres solutions existent également, comme les portes ou portails étanches destinés à protéger bâtiments et infrastructures sensibles. La prévention ne repose plus uniquement sur les ouvrages de protection ou sur la capacité à mesurer une montée des eaux, mais elle dépend aussi de la préparation opérationnelle des organisations appelées à agir lorsque certains seuils sont atteints. Ce que permettent des outils comme l'assistant IA Jarvis Crisis d'Examo (groupe Alcom).

de mesurer simultanément plusieurs paramètres comme la hauteur d'eau, la vitesse de surface, la température, ou encore de capturer des images diurnes et nocturnes. Les crues éclair et le ruissellement urbain se traduisent par le développement de nouveaux systèmes de mesure de type « vidéo ». « Nous proposerons très bientôt une double caméra de surveillance, capable de mesurer la hauteur d'eau en continu mais également les vitesses d'écoulement, et de les modéliser, le tout par traitement de l'image. Le principal avantage de ce système sera la simplicité d'installation, car il n'a nul besoin d'être en contact avec l'eau », annonce Ludovic Pottier, de DTEK.

Au-delà de la technologie, les acteurs du secteur insistent aussi sur la nécessité d'adapter les dispositifs aux réalités locales. « Les collectivités recherchent des systèmes autonomes et communicants, capables de fonctionner dans des zones parfois très isolées avec un minimum de maintenance », précise Christophe Lichtle, d'ISMA. De son côté, OTT France met en avant une approche intégrée associant mesure, autonomie, transmission et résilience opérationnelle, avec, notamment, le radar de vitesse de surface sans contact OTT SVR 100, les pluviomètres à pesée OTT Pluvio – ils se caractérisent par des risques limités de perte d'information liés au bouchage ou aux contraintes mécaniques des autres technologies de mesure –, les solutions satellitaires Iridium – continuité garantie des communications même en cas de défaillance ou de saturation des réseaux cellulaires – et les stations radar OTT FMS regroupent capteurs, alimentation



Bien plus qu'un simple contrôle du niveau des cours d'eaux, les capteurs de la gamme SonTek (technologie à effet Doppler) de Xylem mesurent véritablement les champs de vitesse et sont ainsi capable de calculer le débit en temps réel.

autonome et moyens de communication dans un équipement compact.

Les capteurs ne sont toutefois que l'un des maillons de la chaîne de surveillance des niveaux d'eau, l'objectif final étant d'être alerté en cas de crue. « Les capteurs sont de plus en plus "intelligents", avec des protocoles toujours plus évolués. Pour pouvoir récupérer leurs données, il est important de connecter ces capteurs à des automates open source et dotés de capacités polyvalentes. Sans oublier que plusieurs protocoles et marques peuvent cohabiter sur un site. C'est pour cela que nous concevons des produits interoperables et ouverts à un maximum de systèmes (automates Axiocontrol avec la technologie PLCnext). Le modèle AXC F 1252 dispose d'ailleurs de la certification selon la norme IEC 62443-4-2 et répond à des exigences élevées en matière de cybersécurité et de conformité à la loi CRA »,

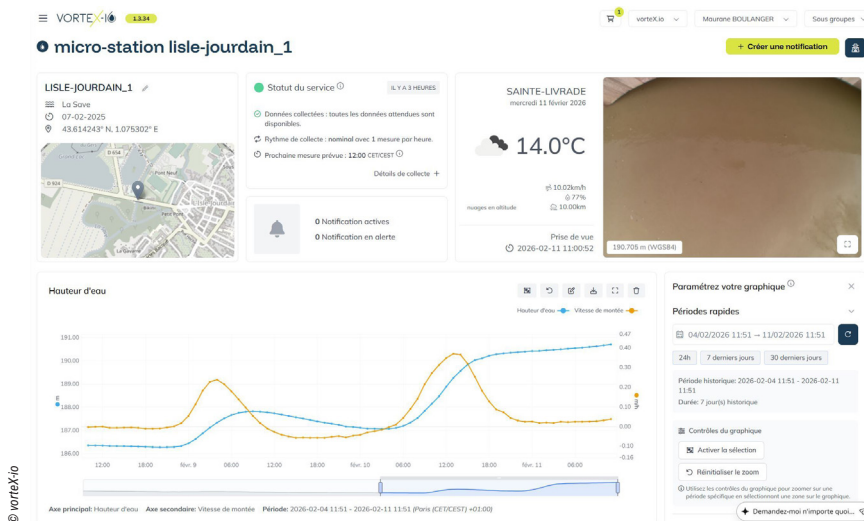
fait remarquer Louis Parent, Industry Management & Automation Sales & Marketing Manager chez Phoenix Contact.

Les délais d'anticipation varient fortement selon les bassins versants. Le 12 mai 2024, la commune de Walhain (Belgique) est frappée par une crue éclair d'une violence soudaine, qui occasionnera plus de 4 millions d'euros de dommages. Aucune pré-alerte officielle n'avait été émise pour la journée : aux environs de 19h30, la situation se dégrade brutalement sous l'effet de cellules orageuses très localisées. « Sur la base des images radar de précipitations rafraîchies toutes les 5 min, notre outil Flood4Cast Real-Time Alerter détecte la montée du risque, traduit la prévision en risque localisé et émet une alerte d'inondation environ une heure avant les premières inondations. Cette heure d'anticipation est décisive : elle ouvre une fenêtre opérationnelle pour prépositionner les moyens de secours, déclencher les mesures préventives et alerter les citoyens concernés, et, ce, sans expertise hydrométéorologique préalable », affirme Grégory Herman, Business Manager d'HydrauSoft. « À Nîmes (Gard), certaines crues éclair laissent parfois moins d'une demi-heure pour réagir. À l'inverse sur le Rhône, les gestionnaires peuvent disposer de huit à neuf heures », explique Octavian Dobricean, directeur associé de Synapse, éditeur de logiciels comme la solution de supervision de données hydrométéorologique Follow.

Les systèmes de surveillance ne se limitent plus à la simple collecte de données, ils servent désormais à exploiter ces informations pour améliorer



L'intelligence artificielle devrait plus jouer un rôle dans l'exploitation des données issues des capteurs que dans les capteurs eux-mêmes.



Dans cette application, il s'agit du suivi de la crue de la Save à L'Isle Jourdain en février 2026, via la plateforme développée par vorteX-io.

les modèles hydrologiques et affiner les prévisions. « Le tout n'est pas seulement d'avoir une prévision en permanence, mais aussi de disposer de données pour pouvoir les étudier ensuite », explique-t-il. Les informations collectées par les capteurs alimentent les outils d'aide à la décision utilisés par les collectivités. « Mesurer un niveau, c'est transformer une donnée brute en capacité d'action », résume Guy Deiber, de Vega Technique.

Ce que confirme Louis Parent, de Phoenix Contact : « Récupérer des données pour ne pas les analyser et, donc, ne pas les exploiter revient quasiment au même que de ne pas en disposer. Le nombre de données récoltées pouvant être très important, il faut mettre en place une solution automatique capable de gérer tout le flux de données et qui permet de superviser à distance tous les KPI, le tout en étant, parfois, autonome en énergie. Pour répondre à tous ces besoins, nous proposons des coffrets compacts, autonomes, robustes et pré-équipés, ainsi qu'un accompagnement pour déterminer la solution complète la plus adaptée à l'application. ». À ces coffrets peut être ajouté du traitement local de la donnée en utilisant des produits de edge computing (informatique en périphérie), comme le VL3 UPC 2440 Edge. Ils peuvent même intégrer un modèle de machine learning (apprentissage automatique) qui détecte les dérives et les signale le plus tôt possible pour anticiper des crues.

« Nous proposons une approche globale et adaptée aux enjeux actuels de surveillance des crues : nous nous appuyons, au-delà de capteurs de niveau radar tels que les Micropilot FMR10B, FMR20B et FWR30, sur l'ensemble de notre portefeuille d'instrumentation (niveau, débit, pression, température, analyses physico-chimiques) afin de concevoir de véritables stations d'alerte intégrées, autonomes – via une alimentation par panneaux solaires – et configurées sur mesure selon les contraintes du site et, ainsi, de fournir une vision complète de la situation hydraulique. Les données issues des différents capteurs sont ensuite centralisées, sécurisées et mises à disposition des exploitants à distance via notre

plateforme digitale Netilion. Elle assure un accès simple, continu et fiable aux informations critiques pour une meilleure anticipation et gestion des risques d'inondation », se positionne Emmanuel Kubler, chef de marché Environnement & Énergie chez Endress+Hauser France.

ET L'IA DANS TOUT ÇA ?

Parmi tous les acteurs travaillant sur la gestion des crues – on peut citer ADCPro, le groupe Alcom (Examo et Tenevia), Aquasys, C2AI, Cometec, Endress+Hauser, Esthi, Geomod by Coexya, Hydreka (groupe Claire), HydrauSoft, ISMA, Nivus, nke Instrumentation, OTT France, Paratronic, Predict Services, Prolog Ingénierie, Société hydrotechnique de France, Synapse Informatique, Vega, vorteX-io, Xylem Analytics, etc., ainsi que les bureaux d'études tels qu'Arteria, Setec – Hydratec, Merlin, Société du Canal de Provence... –, beaucoup ne se sont pas encore pleinement emparés de l'intelligence artificielle (IA).

À côté des approches reposant sur des capteurs physiques, de nouvelles solutions exploitent désormais l'analyse d'images et l'IA pour mesurer les paramètres hydrologiques sans contact avec l'eau. On peut ainsi mentionner les solutions CamLevel et CamFlow de Tenevia (groupe Alcom), qui transforment une caméra en véritable capteur hydrométrique grâce à des algorithmes d'analyses d'images embarqués. Cette technologie d'IA de vision mesure en effet les niveaux d'eau, les vitesses de surface et les débits



La fiabilité des mesures pluviométriques (ici, la nouvelle gamme de pluviomètres à auget basculant série RTD de senseca, distribué en France par C2AI) joue un rôle déterminant dans les dispositifs d'alerte.

à partir de simples caméras installées sur les ouvrages ou en bord de cours d'eau. En plus de la surveillance en temps réel, d'une prise de décision facilitée et d'une vérification des mesures protégée et à distance (levée de doute), la technologie de Tenevia contribue également à enrichir la connaissance hydraulique des sites surveillés en fournissant aux gestionnaires des informations complémentaires pour le suivi des ouvrages, l'amélioration des modèles hydrauliques et l'anticipation des phénomènes de crue.

« Le plus gros avantage de l'IA dans ce domaine serait pour la prévision. C'est-à-dire de pouvoir envisager tous les scénarios possibles en se basant sur les nombreuses mesures effectuées sur le territoire, et ainsi sortir une prévision encore plus fiable et plus tôt », avance Ludovic Pottier, de DTEK. La tendance actuelle est à la convergence entre outils de mesure, modèles de prévision et plateformes de gestion de crise, convergence qui se traduit par des dispositifs capables de transformer les données terrain en décisions opérationnelles. L'enjeu n'est plus seulement de détecter la montée des eaux, mais de savoir à quel moment escalader la crise, quelles procédures activer et quelles actions engager pour protéger les personnes, les équipements et la continuité des services essentiels. Les capteurs de niveau, de vitesse ou de débit permettent de suivre les métriques clés d'un épisode hydrologique ; encore faut-il que ces données soient immédiatement interprétées au regard des



© Endress+Hauser

Endress+Hauser propose une approche globale pour la surveillance des crues, avec, par exemple, le capteur radar autonome Micropilot FWR30 remontant automatiquement ses données vers la plateforme Netilion.

procédures de crise qui déterminent les décisions à prendre, les acteurs à mobiliser et les niveaux d'escalade de la crise. C'est l'approche proposée par Examo (groupe Alcom) avec son assistant IA Jarvis Crisis. À partir des procédures opérationnelles automatiquement et des informations terrain, il relie ces métriques aux plans opérationnels des organisations exposées aux risques naturels, transformant une alerte ou un franchissement de seuil en actions concrètes, coordonnées et traçables. Cette utilisation plus opérationnelle de l'IA dans la gestion des crises hydro-météorologiques n'a pas, comme enjeu, de remplacer l'expertise humaine ni les modèles hydrologiques, mais d'aider les

équipes à exploiter plus rapidement les informations disponibles.

Plusieurs professionnels rappellent que les événements extrêmes restent rares, ce qui rend leur modélisation difficile par des systèmes auto-apprenants. L'IA générative est notamment jugée encore limitée dans ce domaine par certains acteurs, comme Predict Services. « On est sur des dispositifs où l'on n'a pas le droit à l'erreur, parce que des vies sont en jeu », rappelle Alix Roumagnac, qui privilégie encore l'expertise humaine dans la prise de décision.

D'autres acteurs utilisent l'IA pour réaliser des prévisions hydrologiques. À la suite de quatre ans de travaux dans le cadre du projet Hydr.IA du Laboratoire commun (LabCom) avec l'Unité mixte de recherche Hydrosociences Montpellier (HSM), labellisé par l'Agence nationale de la recherche (ANR), Synapse Informatique propose, aux gestionnaires de l'alerte de crues, la mise en place de solutions de prévision de qualité industrielle pour la prévision de hauteurs d'eau et de débits, en utilisant des modèles d'IA en temps réel. Synapse Informatique a également été retenue par l'Ademe dans le cadre de l'appel à projets « Innov'Eau » – France 2030 pour la mise en place de solutions opérationnelles dans la prévision des nappes (ressources en eau) et d'une data visualisation. « L'approche par l'IA permet d'élargir l'accès des gestionnaires de l'alerte de crues à des services et outils de prévision hydrologique sur mesure



La technologie d'IA de vision de Tenevia transforme une caméra en véritable capteur hydrométrique (niveaux, vitesses de surface et débits) temps réel grâce à des algorithmes d'analyses d'images embarqués.

pour leur territoire par rapport à une démarche avec des modèles physiques, qui engendre en général des moyens plus importants », constate Octavian Dobricean, de Synapse Informatique. De son côté, Aquasys développe des modèles hydrologiques fondés sur l'IA. « Notre laboratoire commun avec l'Université Gustave Eiffel nous a permis de concevoir des outils prédictifs qui anticipent les débits des cours d'eau et le niveau des nappes à 14 jours comme à l'échelle saisonnière (3 à 6 mois), dans une logique probabiliste. En croisant de multiples scénarios météorologiques (50) avec l'historique des pluies et des débits, nous produisons des intervalles de confiance plutôt qu'une prévision unique. Cela nous permet, par exemple, de définir la probabilité de franchir un seuil ou la durée probable d'une crise (étiage ou crue). Dans les modèles de décision de demain pour les gestionnaires de l'eau, l'incertitude climatique devient un paramètre à part entière de la prise de décision », explique David Walsh, directeur commercial d'Aquasys. Pour plusieurs professionnels, l'intelligence artificielle devrait surtout jouer un rôle dans l'exploitation des données issues des capteurs. « Le potentiel à venir de l'IA est dans l'exploitation des données car nos capteurs de niveau radar intègrent déjà des algorithmes de traitement du signal très avancés, qui s'apparentent, dans leur fonctionnement, à une forme d'intelligence artificielle embarquée – mais pas sous la forme d'un chatbot ou d'une IA générative. À partir de l'analyse simultanée de nombreux paramètres du signal, ils calculent en permanence la "probabilité" que chaque écho corresponde réellement au niveau du produit,

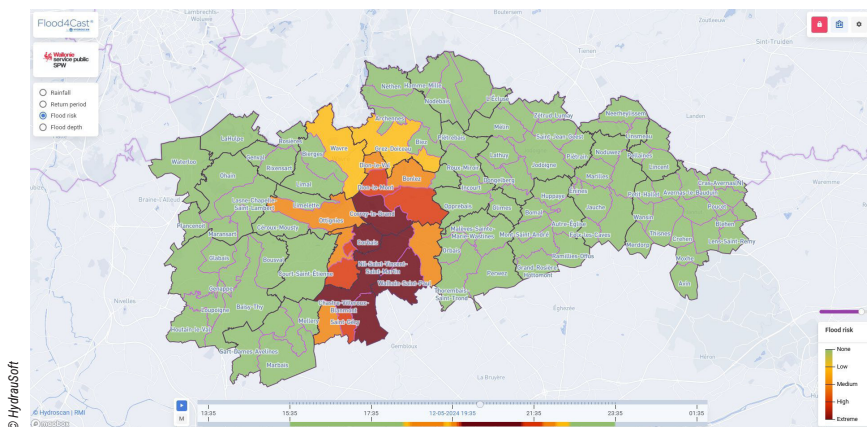


© OTT

L'approche intégrée d'OTT France prend, notamment, la forme des stations radar OTT FMS regroupent capteurs, alimentation autonome et moyens de communication dans un équipement compact.

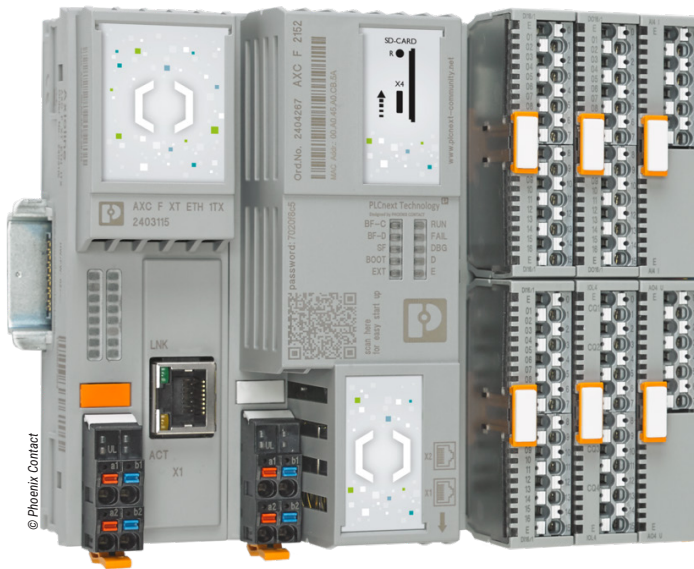
et non à un écho parasite », estime Guy Deiber, de Vega Technique. Même prudence chez vorteX-io, qui adopte pour l'instant une approche mesurée : « La station physique vient confirmer la prédiction réalisée par le modèle d'IA », mentionne Guillaume Valladeau, cofondateur et CEO de l'entreprise. vorteX-io a développé l'Indicateur prédictif de crue (IPC), un outil basé sur l'IA et l'apprentissage profond et qui analyse conjointement les précipitations, les caractéristiques des bassins versants et les débits observés pour estimer les niveaux de crue avec plusieurs jours d'avance. Là où les modèles hydrologiques traditionnels peuvent parfois montrer leurs limites face à des phénomènes rapides et complexes, les approches basées sur l'IA ouvrent de nouvelles perspectives

en matière d'anticipation. En passant ainsi d'une logique de gestion de crise à une véritable démarche de gestion du risque, les décideurs ont alors davantage de temps pour préparer et mettre en œuvre les actions adaptées. Guillaume Valladeau souligne aussi la nécessité de limiter l'utilisation de l'IA car « mesurer l'eau avec de l'IA tout en sachant que les data centers consomment eux-mêmes énormément d'eau, c'est un peu vicieux ». Malgré les progrès des outils de surveillance et d'alerte, la prévention des inondations reste encore très inégale selon les territoires. « Les grands axes fluviaux sont bien maîtrisés, mais pas les petits cours d'eau où il n'existe souvent aucune surveillance en temps réel », souligne Guillaume Valladeau. Or, avec l'intensification des épisodes pluvieux, des zones peu exposées pourraient devenir vulnérables. Pour Loïc Perret, d'Esthi, cette évolution révèle les limites du cadre actuel. « L'inondation est moins encadrée juridiquement que l'incendie », observe-t-il, alors même que « beaucoup d'infrastructures situées en zone inondable ne sont pas protégées ». « En plus des impacts liés aux volumes, la qualité des eaux de surface est très affectée, ce qui peut générer des difficultés au niveau des usines de traitement d'eau potable. C'est ainsi que nous avons installé la solution CREApr à La Toma, en Équateur, où les variations de qualité de l'eau brute, déjà importantes par temps sec, sont critiques par temps de pluie. Grâce au pilotage en temps réel optimisé,



© HydroScan

Le 12 mai 2024 à 19 h 35, l'outil Flood4Cast d'HydroScan a détecté un risque extrême sur les sections municipales touchées de la commune belge Walhain, environ une heure avant la crue éclair.



Pour s'adapter à des capteurs de plus en plus « intelligents » et des protocoles toujours plus évolués, Phoenix Contact conçoit des automates interopérables et ouverts à un maximum de systèmes, tels que les Axiocontrol.

le site est désormais opérationnel 24h/24 7j/7 et a aussi généré des gains de 38 % en termes de réactif pour la coagulation», ajoute Lynne Bouchy, responsable de marchés chez Createch360°. La société d'ingénierie Setec Hydratec réalise également la conception de plateformes open source de modélisation

hydraulique temps réel permettant la prévision des crues et la gestion opérationnelle des inondations. À l'image de l'outil de prévision de crues en temps réel Hydra live développé pour l'établissement public territorial de bassin (EPTB) Entente Oise-Aisne. Pour mener à bien ses missions de prévention des

inondations et de maîtrise d'ouvrage de projets de protection, l'EPTB a mis en place un modèle hydraulique pour le bassin versant de l'Oise – le modèle intègre les ouvrages d'inondation et les digues classées. À travers l'outil Hydra live, qui utilise un modèle de référence couplé au modèle hydrologique du bassin versant et des données accessibles au public (Hub'eau, Météo France), l'EPTB dispose d'une interface minimale opérationnelle pour la gestion temps réel de cours d'eau en période de crue.

Face à l'augmentation du coût des sinistres, il estime néanmoins que « les assureurs vont faire pression » pour accélérer les investissements dans les dispositifs de prévention et d'alerte. Enfin, l'enjeu réside désormais à ne plus seulement équiper les territoires déjà touchés, mais aussi à anticiper ceux qui pourraient l'être demain. « Le problème, c'est aussi de savoir comment équiper des zones qui n'ont pas encore connu de crues importantes afin d'anticiper qu'elles puissent le devenir », résume Olivier Paillard, de Cometec. Une problématique appelée à prendre de plus en plus d'ampleur avec le changement climatique. ●