

SyGEMe, Système de gestion municipale intégrée du cycle de l'eau

Définition des spécifications et analyse des interactions entre les besoins métiers, l'architecture du système et la définition de fonctionnalités innovantes

G. CHERIX - S. STORELLI ♦ Centre de Recherches Energétiques Municipales (CREM)
Rue des Morasses 5, CP 256, CH-1920 Martigny, Suisse

T. BUSSIEN ♦ Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL),
Laboratoire de Systèmes d'Information Géographique (LASIG),
EPFL ENAC LASIG, Bâtiment GC, Station 18, CH-1015 Lausanne, Suisse

D. LINDEMANN ♦ Depth SA, Ch d'Arche 40 B, 1870 Monthey, Suisse

Les impacts sur notre environnement et notre société des actuels changements climatiques sont nombreux. Les effets du réchauffement/dérèglement annoncé des températures ainsi que la nécessité de diminuer drastiquement et rapidement les émissions de gaz à effet de serre vont modifier notre mode de vie actuel. Les consommations d'énergies fossiles devront être freinées, les productions d'énergie d'origine renouvelable augmentées. Dans les régions alpines, la disponibilité des ressources en eau sera probablement diminuée, avec pour effet une diminution de la production annuelle d'hydroélectricité et de la sécurité d'approvisionnement des villes et villages en eau potable.

Ce sont les collectivités qui ont pour devoir de gérer les flux qui traversent les villes (eau potable/usées, gaz naturel, électricité, chauffage à distance, télévision câblée...) et donc d'assurer la sécurité d'approvisionnement. Cependant, à l'heure actuelle, les responsables politiques et techniques locaux ne disposent pas encore d'instruments inté-

grés de pilotage des flux. Les outils existants restent spécifiques, non interconnectés et ne permettent pas la vision globale nécessaire à l'optimisation de la gestion. Fort de cette problématique, les experts du Centre de Recherches Energétiques et Municipales (CREM) et de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), en collaboration avec différents partenaires industriels, travaillent depuis mars 2007 au développement d'un outil de gestion municipal intégré du cycle de l'eau (SyGEMe).

L'objectif de ce projet est de développer un nouveau service à destination des collectivités/exploitants de réseaux qui intègre autour d'un système d'information géographique (interface d'entrée dans le système) un système de monitoring (mesure des flux en temps réel) et un système expert de gestion de la connaissance. Pour les exploitants, cet outil disponible *on-line* leur permettra :

- ♦ D'analyser en continu le fonctionnement de leur réseau ;
- ♦ De recevoir des alarmes en cas de détection de situation hors-norme ;

♦ De pérenniser leurs connaissances pratiques de gestion des réseaux en ayant accès à un système d'information structuré et facilitant l'enregistrement et l'accès aux données et expériences métiers.

Les premiers travaux réalisés ont permis de préciser le concept SyGEMe, en définissant l'architecture générale du système et en identifiant le réseau de services qui devront être développés.

Introduction

À l'heure du dérèglement climatique, les scientifiques internationaux travaillent d'arrache-pied pour simuler le comportement de notre planète. Les modèles développés ont pour objectif de prévoir quelles seront les modifications de température locales et d'en déterminer l'impact sur les différents écosystèmes. Il ressort d'un récent rapport du « groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat » que les ressources en eau douce et leur gestion seront modifiées par le dérèglement climatique.

En particulier, dans les régions alpines : « Au cours du siècle, les projections montrent un déclin des ressources en eau stockées dans les glaciers ainsi que dans la couverture neigeuse, réduisant la disponibilité en eau dans certaines régions alimentées par l'eau de fonte provenant des grandes chaînes de montagne, où plus d'un sixième de la population mondiale vit actuellement ». [1]

Tel que relevé par le conseiller fédéral (Ministre Suisse) M. Moritz Leuenberger, en plus de potentiels problèmes d'approvisionnement des villes en eau potable, « les changements attendus auront leur impact le plus grand sur le tourisme hivernal et sur la production d'énergie hydroélectrique ».

Les experts du Centre de Recherches Energétiques et Municipales CREM et de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), en collaboration avec différents partenaires industriels, travaillent depuis mars 2007 au développement d'un outil de gestion municipal intégré du cycle de l'eau (SyGEMe). Globalement, ce projet vise à offrir aux responsables politiques et techniques des collectivités publiques un instrument de pilotage et de gestion des réseaux techniques urbains. Plus précisément, dans l'optique d'assurer des résultats concrets, le projet SyGEMe se concentrera sur le développement d'une plate-forme Internet destinée à piloter le cycle complet de l'eau (prioritairement l'eau potable puis développement aux eaux usées) d'une municipalité.

Les innovations qui caractérisent ce projet sont principalement :

- L'intégration autour d'un système d'information géographique et à des fins de services : des données dynamiques fournies par des capteurs (niveau, débit, pression, etc.) et d'un système expert de gestion de la connaissance ;
- La fourniture aux collectivités d'un service (application client on-

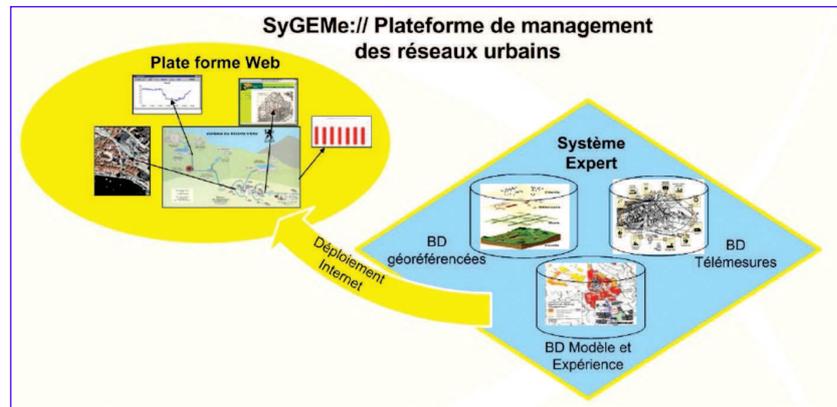


Figure 1 - SyGEMe, plateforme de management des réseaux urbains.

line et mise à jour des données par le bureau/fournisseur de service) plutôt qu'un logiciel figé dans le temps et dont la responsabilité de mise à jour est du ressort de l'exploitant.

Cette publication présente la structure de management utilisée pour définir les spécifications du système, ainsi que les premiers résultats obtenus.

Organisation

Le projet fait intervenir deux instituts académiques (EPFL et CREM) et quatre prestataires de services (ESRI Géoinformatique SA Suisse, SD Ingénierie, Services industriels de Genève et Depth SA). Un des défis du projet SyGEMe réside entre autre dans la complexité de communication entre des acteurs dont la culture et le langage ne sont pas les mêmes. Le management du projet devient de ce fait une des clefs de la réussite.

L'élaboration détaillée du cahier des charges de SyGEMe est une phase critique du projet. Il s'agit en effet dans un premier temps d'identifier les besoins des exploitants sur une ligne de modèle bien définie et avec un pressentiment des spécifications du réseau de service qui seront développés.

Ces trois actions font appel à des compétences différentes (ingénierie hydraulique/Systèmes d'informations/GIS/utilisabilité) et ne peuvent pourtant être dissociées. En effet chaque décision relative par exemple au réseau de service peut potentiellement entraîner l'utilisation d'une technologie différente dans l'architecture système. De même, une idée des fonctionnalités est nécessaire pour optimiser le rapatriement des connaissances métiers des exploitants de réseau.

Ainsi, trois groupes de travail font intervenir les collaborateurs compétents ont été mis en place :

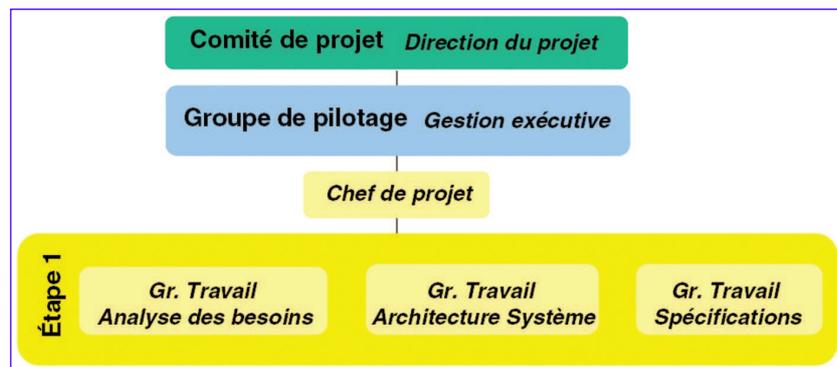


Figure 2 - Organisation fonctionnelle du projet.

- Analyse des besoins ;
- Architecture système ;
- Spécifications.

Ces groupes de travail permettent de concentrer les activités sur des thèmes précis lors des travaux et séances de chacun des groupes. Ils sont gérés par des chefs de groupe qui portent la responsabilité de l'avancement des travaux, selon des cahiers des charges établis par le groupe de pilotage. La participation croisée d'une partie des collaborateurs à différents groupes et l'implication du chef de projet dans chacun des groupes assurent une communication efficace entre les groupes. Cette communication est une nécessité absolue pour assurer une bonne coordination du projet et le respect des délais.

principale de l'architecture du système et de réaliser un premier maquettage.

Analyse des besoins

L'objectif de cette analyse est de rapatrier, de documenter et de mettre en forme les connaissances des exploitants de réseau dans l'optique d'élaborer un système de gestion des flux qui retranscrive le mode d'exploitation des réseaux d'adduction. Cette analyse, appliquée aux conditions d'adduction d'eau des municipalités de la région de Martigny, a permis de cerner les opportunités en matière de gestion rationnelle de la ressource hydrique et porte sur plusieurs objectifs :

technologies de l'information et de la communication (objectif « Management intégré ») ;

- Le renforcement des compétences dans le domaine de la gestion intégrée des eaux (Objectif « Garantie de suivi »).

Le transfert de la situation actuelle à la situation projetée implique notamment :

- une numérisation complète du réseau, des captages aux bâtiments avec un géoréférencement et une documentation soignée des objets le composant : captages, conduits, réservoirs, vannes, etc. ;
- un suivi en temps réel des flux d'eau offert (des captages) et demandé (vers le réseau de distribution) ;
- une définition des situations « hors normes » des flux précédant l'émission d'alarmes ;
- une hiérarchisation et une planification temporelle des tâches d'exploitation et des protocoles d'intervention relatifs aux alarmes ;
- un référencement spatial et temporel systématique des événements (plaintes, constats, réparations, travaux périodiques...).

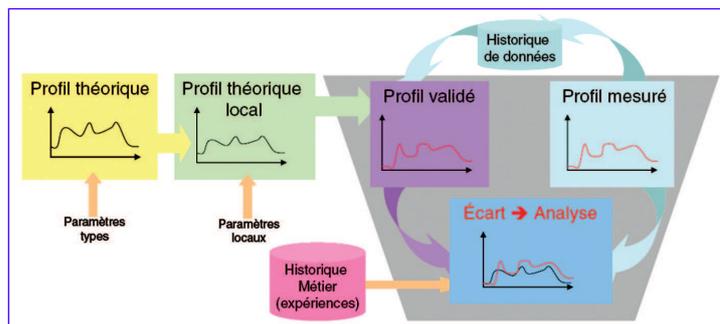


Figure 3 - Analyse dynamique des flux : Comparaison en temps réel des profils de consommation calculés (calibrés aux réseaux analysés) et des profils de consommations mesurés. Cette comparaison permet d'identifier les situations hors normes et d'émettre des alarmes.

L'organisation fonctionnelle du projet a été réalisée par le groupe de pilotage, qui comprend les *stakeholders* du projet. Ce groupe de pilotage a pour fonction de gérer le projet et de rendre des comptes au comité de projet. Ce dernier est l'organe de direction, composé de tous les directeurs des sociétés qui participent au projet et du professeur dont la responsabilité est engagée devant les financeurs.

Cette structure de management est active depuis le début du projet. Les objectifs et premiers résultats des travaux vont maintenant être détaillés pour chacun des groupes. En particulier, les développements réalisés ont déjà permis d'identifier la structure

- La valorisation des ressources en eau potable (objectif « nouvelle économie ») ;
- L'optimisation énergétique des systèmes d'adduction d'eau minimisant les pompages et en maximisant les turbines d'eau potable (objectif « zéro énergie ») ;
- La minimisation des risques pour la santé et des coûts de traitement des eaux en valorisant les captages de qualité (objectif « risque minimal ») ;
- La valorisation des infrastructures existantes pour garantir un approvisionnement économique (objectif « investissement minimal ») ;
- La définition d'une structure adaptée et d'un service de gestion des flux basé sur l'intégration des

Pour ce faire, le système d'adduction d'eau d'une municipalité à fort potentiel de rationalisation est passé au « peigne fin ». Le mode de gestion actuel et celui souhaité sont décrits et documentés.

Trois niveaux de description sont établis : principe, modalité, protocole.

La documentation de ces trois niveaux requiert l'accès aux divers plans et informations techniques établis par les bureaux d'ingénieurs partenaires de la municipalité, mais aussi et surtout un long dialogue et des visites sur sites avec le personnel d'exploitation. L'éditeur de ce catalogue descriptif doit en quelque sorte démarcher les services municipaux comme s'il devait se charger à l'avenir d'exploiter le système d'adduction.

Des compétences techniques liées à la mécanique des fluides sont ici requises.

◆ **Niveau principe** : Le catalogue des principes décrit la logique des flux à chaque point stratégique du système d'adduction. A partir de la schématique générale du système d'adduction, chaque « espace de décision » (souvent autour d'un réservoir) est documenté.

◆ **Niveau modalité** : le catalogue des modalités d'exploitation décrit la logique de l'exploitant pour assurer un service optimal aux usagers à partir des équipements et des flux dont il dispose. Il décrit les situations d'alerte et les informations utiles aux interventions courantes ou exceptionnelles.

◆ **Niveau protocole** : le catalogue des protocoles de gestion s'applique aux mesures des flux. Il décrit la suite des opérations (mesure, interprétation, action) à effectuer lors de chaque signal de mesure. Ces protocoles servent directement à paramétrer les automates programmables.

Architecture système

L'architecture envisagée pour SyGEMe est de type WSOA (*Web Services Oriented Architecture*), architecture orientée services implémentée avec des web services.

Le choix d'une telle structure provient de la flexibilité qu'elle sous-tend, grâce à une architecture modulaire, ce qui permet un haut potentiel évolutif et un haut degré de réutilisation (par exemple : adaptation à d'autres types de réseaux). L'interopérabilité, au sens des fonctionnalités transversales qu'elle permet, ainsi que la facilité de diffusion, par le biais du média *Internet*, font d'un tel type d'architecture un choix intéressant pour répondre aux exigences du projet SyGEMe.

Schéma de principe S

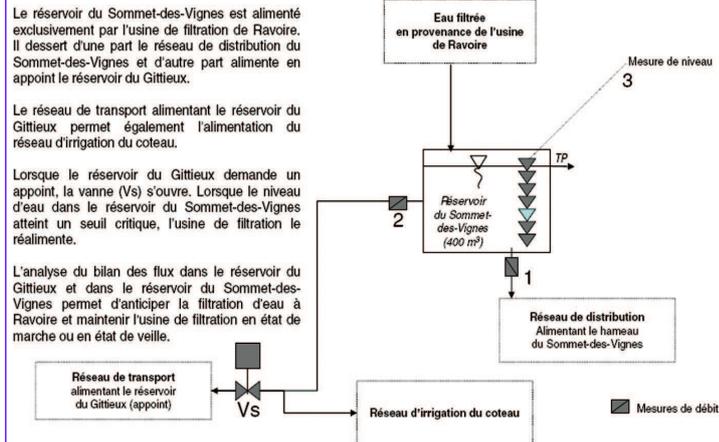


Figure 4 - Le schéma de principe décrit la logique des flux.

Modalité d'exploitation ES1 Débit de distribution au Sommet-des-Vignes

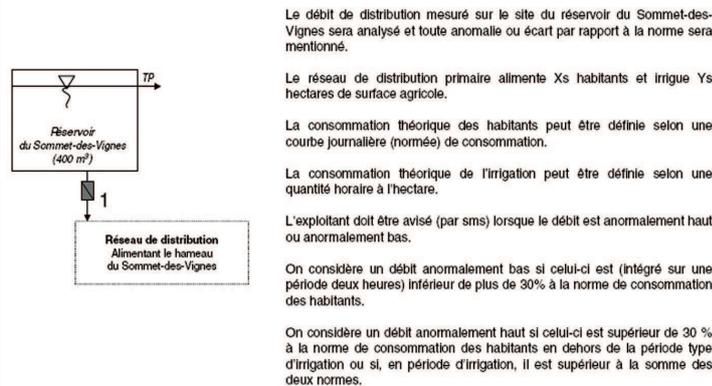


Figure 5 - Les modalités d'exploitation liées à chaque mesure de flux sont décrites.

Modalité d'exploitation ES1 - Débit de distribution au Sommet-des-Vignes

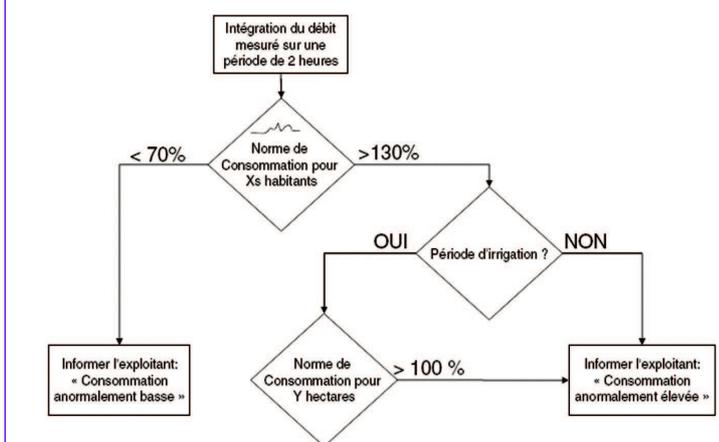


Figure 6 - Le protocole d'alerte et de diffusion d'informations de chaque point de mesure est établi.

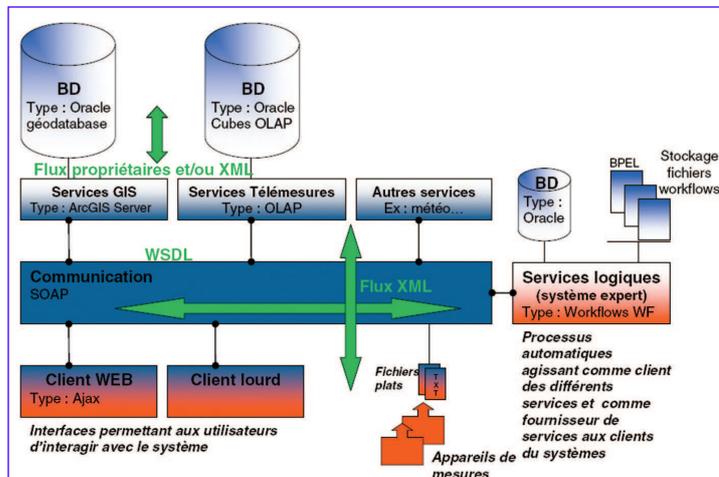


Figure 7 : Architecture générale du système.

La construction d'une structure système type SOA implique la gestion d'une série de couches de normes et de protocoles spécifiques. Seront utilisés dans le cadre de SyGEMe :

- ✦ WSDL : langage de description des interfaces des services (*Web Services Description Language*) ;
- ✦ SOAP: protocole d'invocation de services (*Simple Object Access Protocol*) ;
- ✦ XML : langage du format des données échangées (*eXtensible Markup Language*) ;
- ✦ HTTP et TCP/IP : protocole de transport des données.

Ainsi, dans une architecture SOA, l'ensemble des agents (fournisseurs de services et utilisateurs de services) doivent avoir en commun la manière d'invoquer (SOAP) et de décrire les données (WSDL et XML).

Selon les besoins, il s'agit d'ajouter les couches d'orchestration des services, afin de constituer les processus métiers, et de gestion de la sécurité. Dans le premier cas, un langage de modélisation de procédures type BPML (*Business Process Modeling Language*), puis un langage de description des procédures d'entreprise type BPEL (*Business Process Execution Language*), sont nécessaires. Dans le second cas, il existe plusieurs possibilités de type SSL (*Secure Sockets Layer*), SAML (*Security Assertion Markup*

Language) ou encore XKMS (*XML Key Management Specification*).

Dans le cas de SyGEMe, les workflows du groupe des « services logiques » s'occuperont de l'ensemble de la gestion événementielle (utilisateur et/ou automatique) liée aux processus métiers. Chacun d'eux pourra faire appel aux « géoservices » offerts par ArcGIS Server, ainsi qu'aux contenus des cubes OLAP (*Online Analytical Processing*) des « services de télémétrie » et

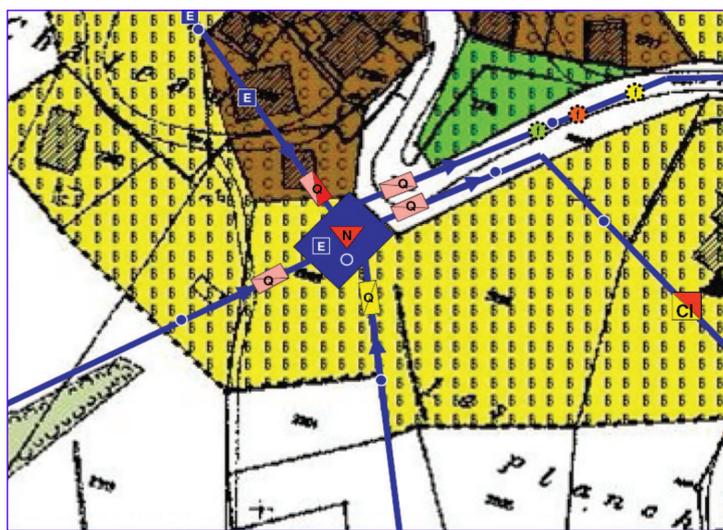


Figure 8 - Maquette d'écran représentant géographiquement les objets et les événements.

à la base de données type Oracle. Les événements générés par le client et/ou automatiquement par les « services logiques » seront donc analysés, puis mis en forme par ces derniers pour un retour adéquat au client.

Spécifications

Les étapes de structuration des données et d'analyse des processus de gestion des réseaux d'eau ont permis de consolider le réseau de service (fonctionnalités) à développer. Le système intègre la documentation et le géoréférencement des objets et des événements. Aux objets usuels composants le système physique d'adduction d'eau, on distingue ici les attributs et les événements liés aux flux, à savoir d'une part les appareils de mesure, et d'autre part les origines des variations de flux (réglages, fuites...).

Ainsi un appareil de mesure est attribuable aussi bien à un objet (par exemple un débit est attribué à une canalisation) qu'à un flux. De même un événement est attribuable aussi bien à l'objet (par exemple un réglage de vanne est attribué à une canalisation) qu'au flux sur lequel l'événement a une incidence.

Cette intégration des objets, des équipements de mesure des flux et des événements permet un accès à la documentation à partir de la géographie, certes, mais aussi à partir des courbes de mesures. Ainsi, lors de la lecture d'une

courbe de mesure, la visualisation des événements liés permet d'expliquer les variations de flux et inversement toute variation de flux peut expliquer l'origine d'un événement.

De même, l'accès à la documentation d'une alarme est possible aussi bien à partir du fond géographique que de la courbe de mesure. Cette fonctionnalité permet le repérage géographique et l'analyse (cause et effet) d'une situation d'alarme.

Conclusion

L'intégration d'un système de surveillance et d'un système expert de gestion de la connaissance sur un SIG permettra de disposer demain d'un système intégré de gestion des réseaux d'adduction d'eau [3]. Le but du projet SyGEMe est d'apporter l'élément d'interrelation des différents systèmes pour développer un outil global, permettant une vision systémique. L'objectif de ce service est ainsi de fournir à l'exploitant :

- ⚡ Une analyse en continu du fonctionnement du réseau ;
- ⚡ Des alarmes si possibles antécédentes à la rupture de l'approvisionnement, donc une diminution du temps de réaction ;
- ⚡ Un système d'information structuré facilitant l'accès aux connaissances métier liées à l'exploitation du réseau.

Les premiers travaux réalisés ont permis de préciser le concept SyGEMe, en définissant l'architecture générale du système et en identifiant le réseau de services qui devront être développés.

L'architecture envisagée pour SyGEMe est de type WSOA (Web Services Oriented Architecture), architecture orientée services

dans l'historique permettra enfin de réaliser un premier diagnostic suite à l'émission d'une alarme (diminution du temps de réaction suite à une avarie).

Enfin, les informations fournies par le service SyGEMe permettront aux collectivités d'optimiser les connaissances dynamiques de leurs réseaux et de faciliter les

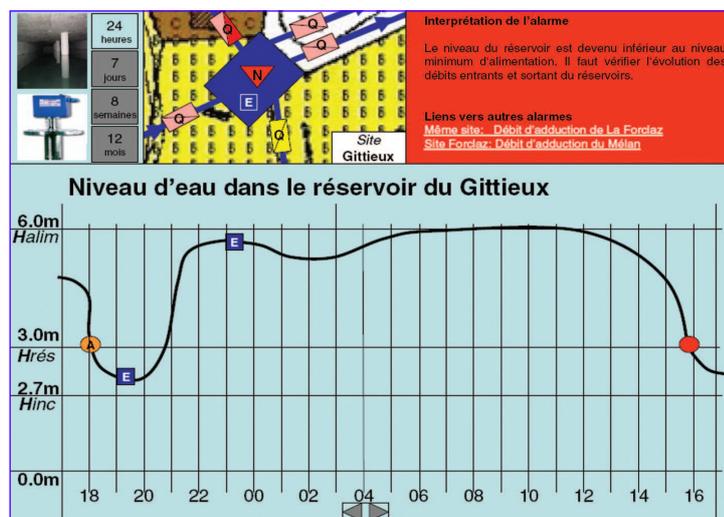


Figure 9 – Maquette d'écran représentant les événements liés à la mesure d'un flux.

implémentée avec des web services. Le réseau de services à disposition des exploitants sera centré sur le monitoring des flux et l'émission d'alarmes en cas de détection de situation hors norme. Le stockage d'événements liés à une géolocalisation (espace) et à une courbe de mesure (temps) permettra d'alimenter le système expert de gestion de la connaissance. L'analyse des événements et résultats de mesures stockés

échanges intercommunaux (par exemple en vue de la création d'un marché régional de l'eau potable). L'interconnexion des réseaux d'adduction d'eau à l'échelle régionale permettrait en effet :

- ⚡ d'améliorer la sécurité d'approvisionnement en eau potable ;
- ⚡ d'optimiser la production d'énergie électrique en favorisant le turbinage de l'eau potable et en minimisant les pompages dans la nappe phréatique. □

Références

- [1] **Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat** : « Bilan 2007 des changements climatiques : Impacts, adaptation et vulnérabilité », Traduction provisoire et non-officielle n'engageant pas le GIEC, réalisée par les délégations de la Belgique et de la France, 18 avril 2007.
- [2] **Les autorités fédérales de la Confédération Suisse** : « Lutte contre les changements climatiques : 1.5% de gaz à effet de serre en moins par an », Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, Bern, 16 août 2007.
- [3] **S. Storelli, CREM**, Centre de Recherches Energétiques et Municipales, Martigny, Suisse : « Un projet pilote implémenté à Evolène (Valais Suisse) », *Géomatique Expert* n° 52 – Août-Septembre 2006.