



Réseaux de mesure hydrologique: Solutions de mesure innovante

Georges-Marie Saulnier

Laboratoire EDYTEM
(CNRS - Université de Savoie Mont Blanc)



Unité mixte de recherche:

- ▶ CNRS
- ▶ Université de Savoie Mont Blanc
- ▶ Ministère de la Culture et de la Communication

≈ 70 personnes étudiant trois thèmes:

- ▶ Changements environnementaux et sociétés
 - *Etudes des changements environnementaux dans leurs dimensions sociétales, physiques et biologiques.*
- ▶ Ressources et patrimoines
 - *Approche intégrée (caractérisation, gestion, valorisation, ...) des ressources et patrimoines naturels et culturels.*
- ▶ Trajectoires politiques en montagnes
 - *Etudier et interpréter les formes d'organisation sociale et politique.*



Unité mixte de recherche:

- ▶ CNRS
- ▶ Université de Savoie Mont Blanc
- ▶ Ministère de la Culture et de la Communication

≈ 70 personnes étudiant trois thèmes:

- ▶ Changements environnementaux et sociétés
 - *Etudes des changements environnementaux dans leurs dimensions sociétales, physiques et biologiques.*
- ▶ Ressources et patrimoines
 - *Approche intégrée (caractérisation, gestion, valorisation, ...) des ressources et patrimoines naturels et culturels.*
- ▶ Trajectoires politiques en montagnes
 - *Etudier et interpréter les formes d'organisation sociale et politique.*

Objectifs de la journée



- ▶ Objectifs de la journée:
 - " Cette journée de rencontre sur le thème des **risques hydrométéorologiques** dans l'**agglomération grenobloise** s'inscrit dans un cycle de séminaires transversaux entre **scientifiques, techniciens et décideurs** "

- ▶ Risques:
 - Inondations et crues rapides
 - Erosions torrentielles, glissements de terrain,
 - Avalanches
 - Pénuries des ressources en eaux
 - Résilience des développements territoriaux aux changements climatiques

- ▶ Différents acteurs:
 - Problématique?
 - Quelles propositions techniques?
 - Pour quels bénéfices?

- ▶ Surveillance, quantifications, modélisations couplées environnement-société, scénarios de développements territoriaux

Objectifs de la journée



- ▶ Objectifs de la journée:
 - " Cette journée de rencontre sur le thème des **risques hydrométéorologiques** dans l'**agglomération grenobloise** s'inscrit dans un cycle de séminaires transversaux entre **scientifiques, techniciens et décideurs** "

- ▶ Risques:
 - **Inondations et crues rapides**
 - **Erosions torrentielles, glissements de terrain,**
 - **Avalanches**
 - **Pénuries des ressources en eaux**
 - **Résilience des développements territoriaux aux changements climatiques**

- ▶ Différents acteurs:
 - Problématique?
 - Quelles propositions techniques?
 - Pour quels bénéfices?

- ▶ **Surveillance, quantifications**, modélisations couplées environnement-société, scénarios de développements territoriaux

Objectifs de la journée



- ▶ Objectifs de la journée:
 - " Cette journée de rencontre sur le thème des **risques hydrométéorologiques** dans l'**agglomération grenobloise** s'inscrit dans un cycle de séminaires transversaux entre **scientifiques, techniciens et décideurs** "

- ▶ Risques:
 - **Inondations et crues rapides**
 - **Erosions torrentielles, glissements de terrain,**
 - **Avalanches**
 - **Pénuries des ressources en eaux**
 - **Résilience des développements territoriaux aux changements climatiques**

- ▶ Différents acteurs:
 - **Problématique?**
 - **Quelles propositions techniques?**
 - **Pour quels bénéfices?**

- ▶ **Surveillance, quantifications**, modélisations couplées environnement-société, scénarios de développements territoriaux



► "Solutions de mesure innovantes"

- Depuis une 15aine d'années, invention de techniques pour l'utilisation de l'images pour la surveillance du milieu naturel
- Dépôt de brevet international

► Innovation

- l'innovation est une **évolution significative** d'un produit, d'un service ou d'un processus de fabrication qui apporte quelque chose de nouveau ou **qui utilise une technologie nouvelle issue de la recherche fondamentale**
- 2008 : Société d'Accélération du Transfert de Technologies de Grenoble

► Industrialisation

- 2012: **Création d'une entreprise** pour diffuser, améliorer, assurer une exigence industrielle (<http://www.tenevia.com>)
- Exploitant de façon exclusive le brevet CNRS-USMB en contrepartie de royalties et de soutiens à la recherche



<http://www.tenevia.com>

► Reconnaissances grenobloise:

- 2012 : Prix Innovation du PRES de Grenoble
- 2014 : Grand lauréat de la fondation Paul Louis Merlin / Schneider

► régionale:

- 2012 : Réseau Entreprendre
- 2013 : Prix de l'innovation de l'entrepreneuriat Savoie

► nationale:

- 2012 : Lauréat du concours national Ministère de la Recherche et OSEO
- 2015 : Trophée de la croissante Verte & Bleue décerné par la ministre du MEDDE

► internationale:

- 2014 : "100 innovators - World Open Innovation" de la Fédération de Russie
- 2015 : Lauréat du prix CEMERIN du Secrétariat général de l'ONU délégué à la réduction des risques et des catastrophes



- ▶ Surveillance de la couverture nuageuse
- ▶ Surveillance du manteau neigeux
- ▶ Surveillance des rivières



- ▶ Surveillance de la couverture nuageuse
- ▶ Surveillance du manteau neigeux
- ▶ Surveillance des rivières

Surveillance de la couverture nuageuse



Problématique?

Surveillance de la couverture nuageuse

Problématique ?



Exemple d'une couverture nuageuse au dessus de Grenoble.

Surveillance de la couverture nuageuse

Problématique ?



- ▶ Les nuages interceptent une partie du rayonnement solaire

Surveillance de la couverture nuageuse

Problématique ?



- ▶ Les nuages interceptent une partie du rayonnement solaire
- ▶ La quantité d'énergie reçue par la neige, les glaciers, les cultures, la végétation, les villes, etc dépend donc de la quantité de nuages

Surveillance de la couverture nuageuse

Problématique ?



► Les nuages interceptent une partie du rayonnement solaire

► La quantité d'énergie reçue par la neige, les glaciers, les cultures, la végétation, les villes, etc dépend donc de la quantité de nuages

→ Une bonne quantification de l'impact de la couverture nuageuse sur la radiation solaire peut contribuer à un meilleur bilan radiatif et énergétique

- Fonte de la neige, fonte des glaciers

Surveillance de la couverture nuageuse

Problématique ?



► Les nuages interceptent une partie du rayonnement solaire

► La quantité d'énergie reçue par la neige, les glaciers, les cultures, la végétation, les villes, etc dépend donc de la quantité de nuages

→ Une bonne quantification de l'impact de la couverture nuageuse sur la radiation solaire peut contribuer à un meilleur bilan radiatif et énergétique

- Fonte de la neige, fonte des glaciers

► Pas toujours aisée à mesurer aux échelles d'intérêts.

Surveillance de la couverture nuageuse



Quelles propositions techniques?

Surveillance de la couverture nuageuse

Quelles propositions techniques?



Crue du Vorz à Saint Agnès en Aout 2005.

Surveillance de la couverture nuageuse

Quelles propositions techniques?



Instrumentation du bassin versant du Vorz.

Surveillance de la couverture nuageuse

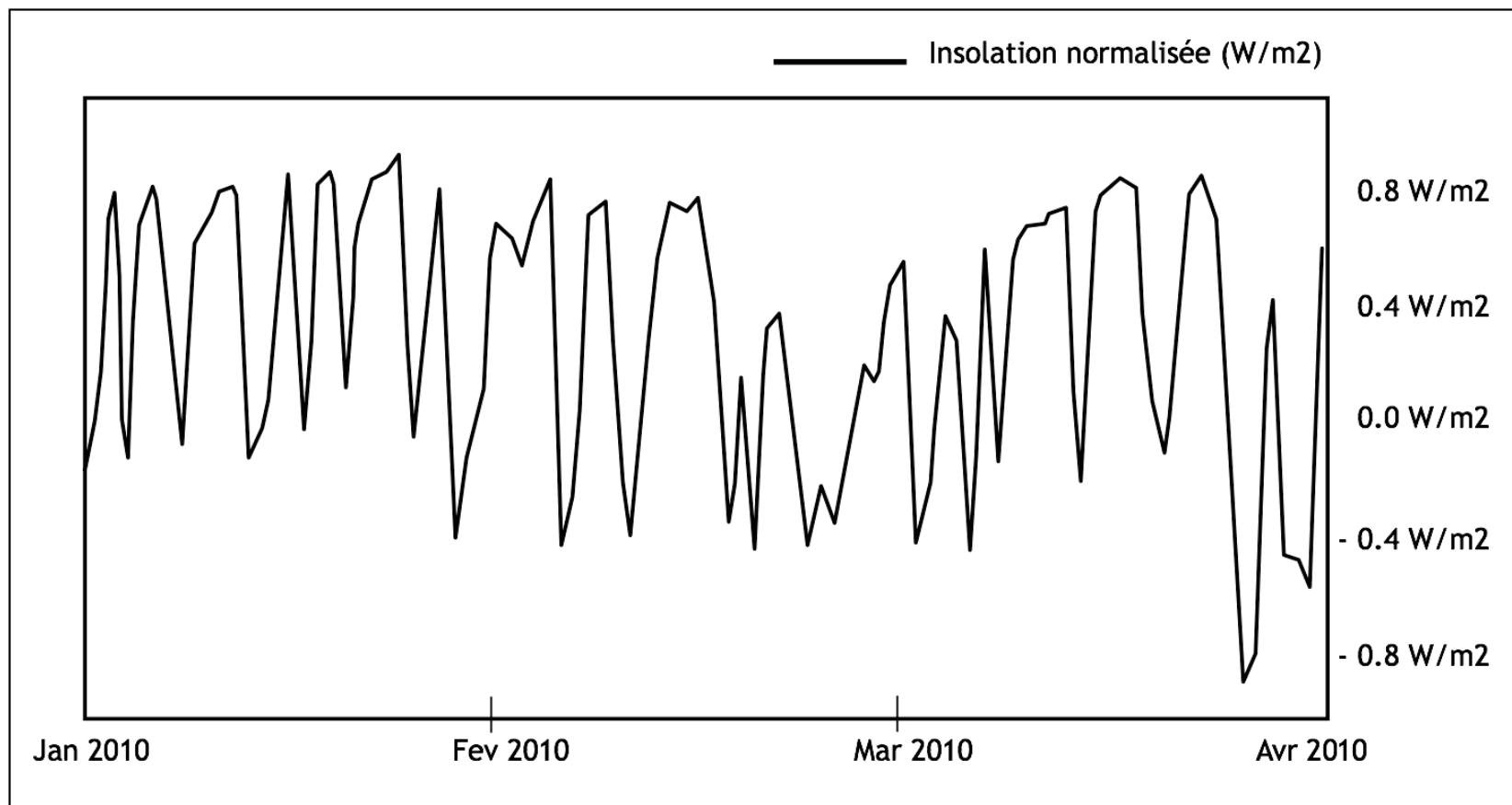
Quelles propositions techniques?



Installation d'appareils photos.

Surveillance de la couverture nuageuse

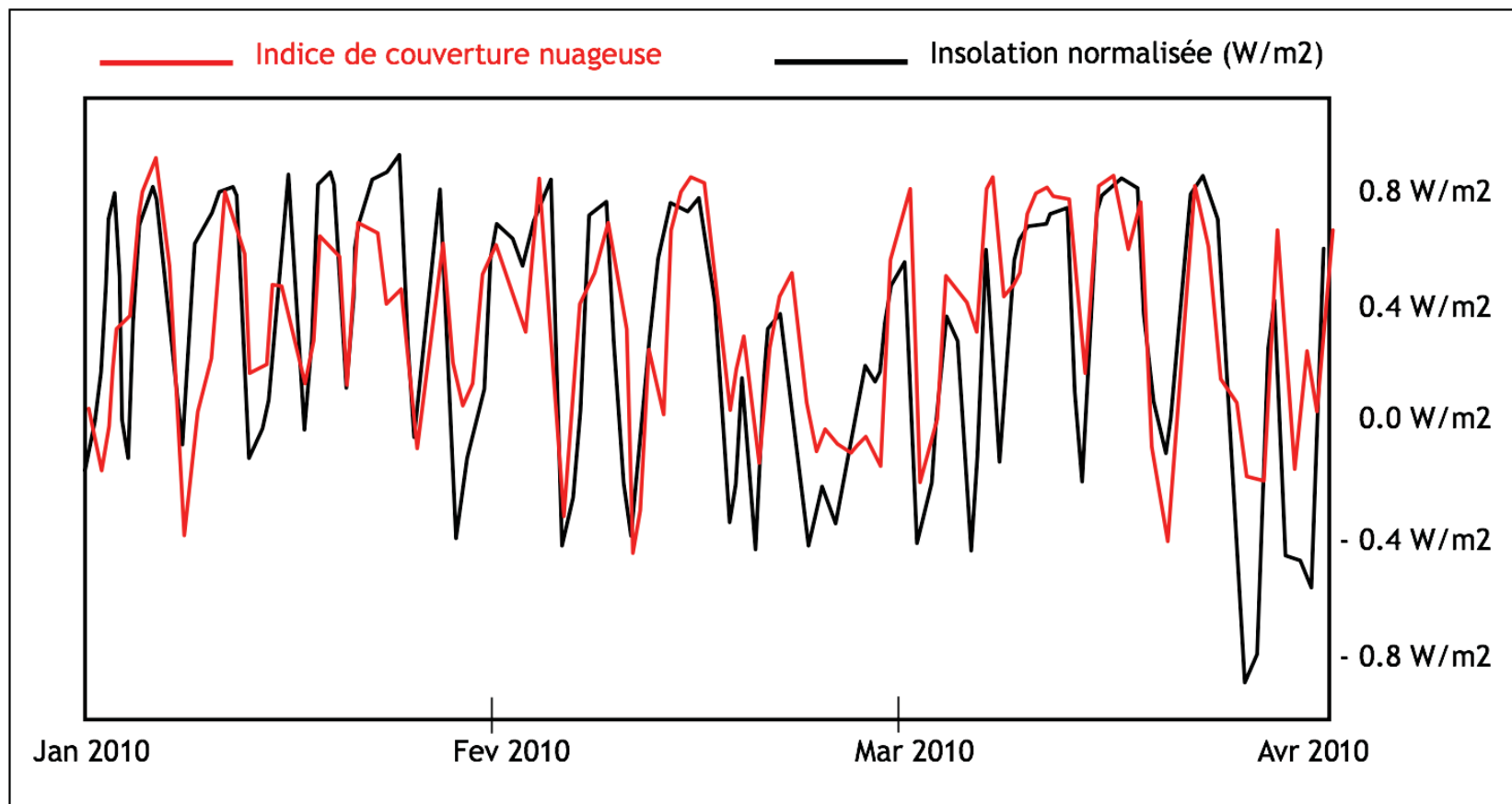
Quelles propositions techniques?



Mesures de radiation solaire

Surveillance de la couverture nuageuse

Quelles propositions techniques?



Mesures de radiation solaire + comparaison à un indice de couverture nuageuse

Surveillance de la couverture nuageuse

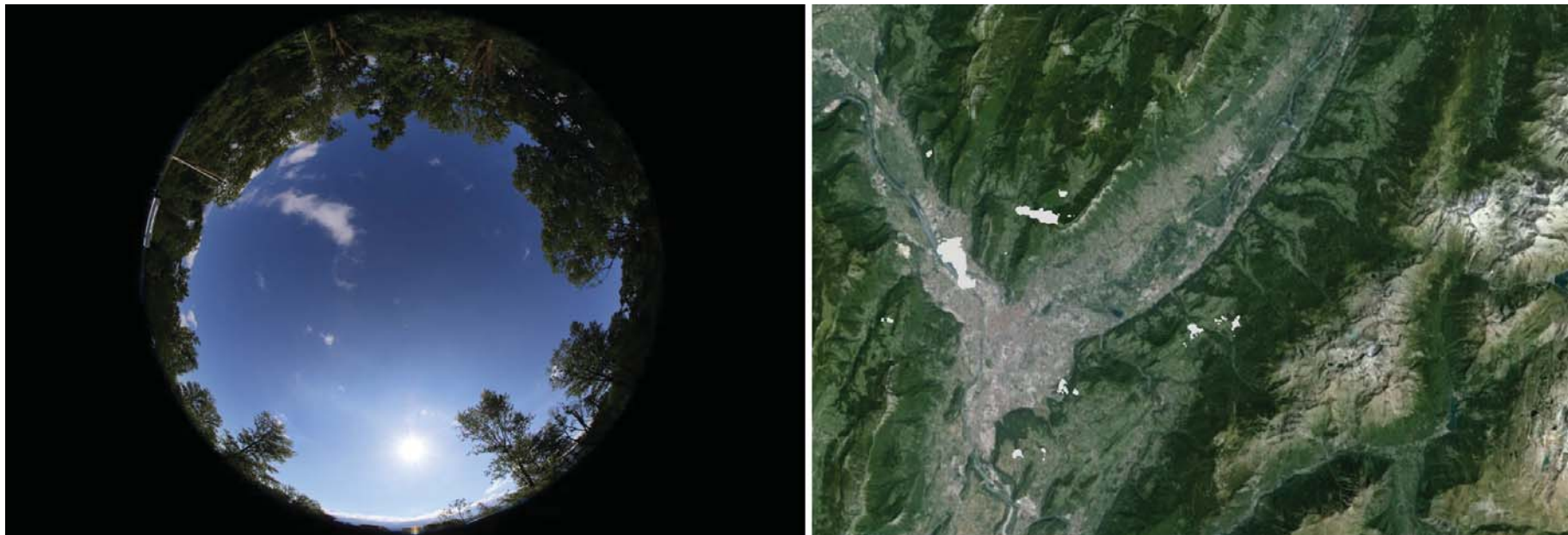
Quelles propositions techniques?



- ▶ Des indices de quantification de couverture nuageuse dans les images semblent bien corrélés aux mesures de radiation solaire.
- ▶ Amélioration à partir de ces premiers constats → 3 brevets posés
- ▶ Valorisation dans un logiciel: CloudBoard par TENEVIA.

Surveillance de la couverture nuageuse

Quelles propositions techniques?



Suivi de la couverture nuageuse par CloudBoard TENEVIA.

- ▶ Possibilité de surveiller et de géolocaliser les nuages à partir d'appareils photos ou de caméras
- ▶ Possibilité de quantifier la perte d'énergie solaire due à l'interception par la couverture nuageuse

Surveillance de la couverture nuageuse



Pour quels bénéfices?

Surveillance de la couverture nuageuse

Pour quels bénéfices?



- ▶ La surveillance et la mesure de la couverture nuageuse par imageries contribue à une **meilleure estimation des bilans d'énergie** pour, notamment, le calcul de la fonte du manteau neigeux ou des glaciers (crues, poches d'eau).

- ▶ L'approche par utilisation d'images est:
 - plus simple techniquement que les approches classiques,
 - in fine moins coûteuses (matériel moins sensibles)
 - plus robuste (installation dans des endroits moins vulnérables)
 - **permet d'accéder à d'autres mesures** dans le même temps (cf la suite)

- ▶ Peut avoir d'**autres applications** "smart-cities" (gestion des dispositifs actifs d'économie d'énergie dans les bâtiments) ou énergétiques (gestion des parcs photo-voltaiques)



- ▶ Surveillance de la couverture nuageuse
- ▶ Surveillance du manteau neigeux
- ▶ Surveillance des rivières



- ▶ Surveillance de la couverture nuageuse
- ▶ Surveillance du manteau neigeux
- ▶ Surveillance des rivières

Surveillance du manteau neigeux



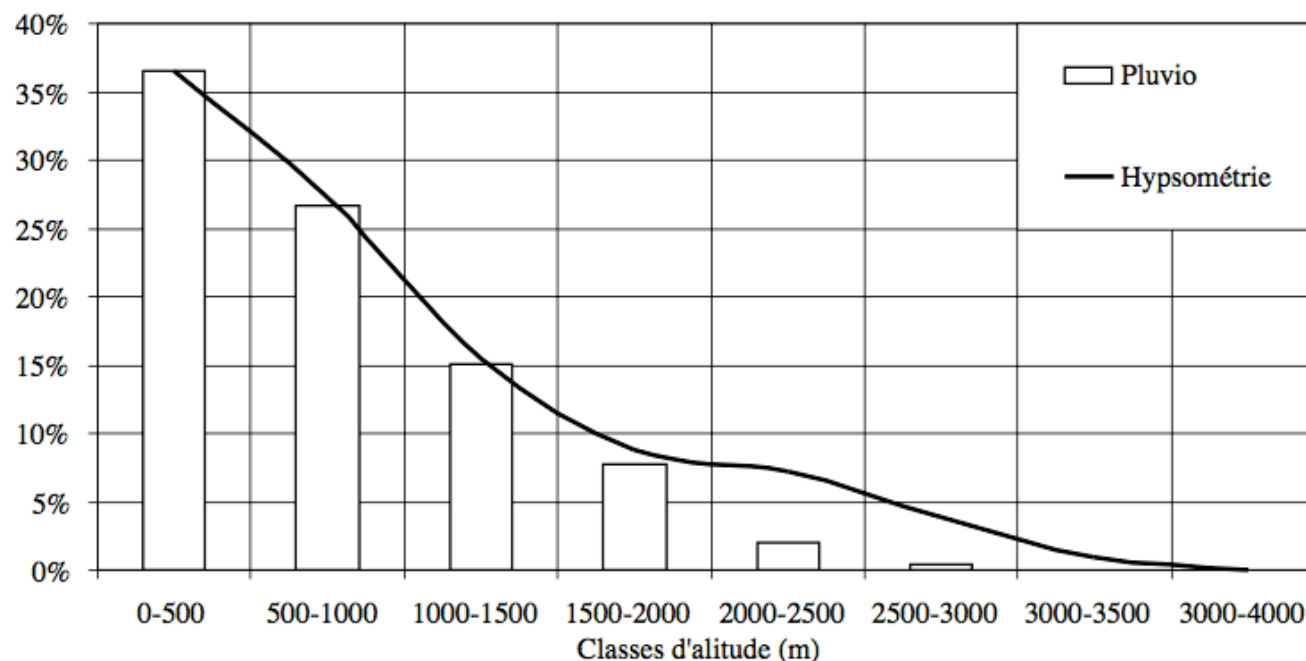
Problématique?

Surveillance du manteau neigeux

Problématique ?



- La mesure des pluies (liquides ou neige) reste très difficile et rare en altitudes.



- **Pourtant un besoin:**
risques de crues, risques de pénuries sur la ressource en eaux, production hydroélectrique, etc.

Surveillance du manteau neigeux

Problématique ?



- La mesure des pluies (liquides ou neige) reste très difficile et rare en altitudes.



Surveillance du manteau neigeux

Problématique ?



- La mesure des pluies (liquides ou neige) reste très difficile et rare en altitudes.



Surveillance du manteau neigeux



Quelles propositions techniques?

Surveillance du manteau neigeux

Quelles propositions techniques?



Séquence d'une saison complète hiver/printemps.

Surveillance du manteau neigeux

Quelles propositions techniques?



Image du bassin du Vorz (Belledonne)

Surveillance du manteau neigeux

Quelles propositions techniques?



Image du bassin du Vorz (Belledonne)

Surveillance du manteau neigeux

Quelles propositions techniques?

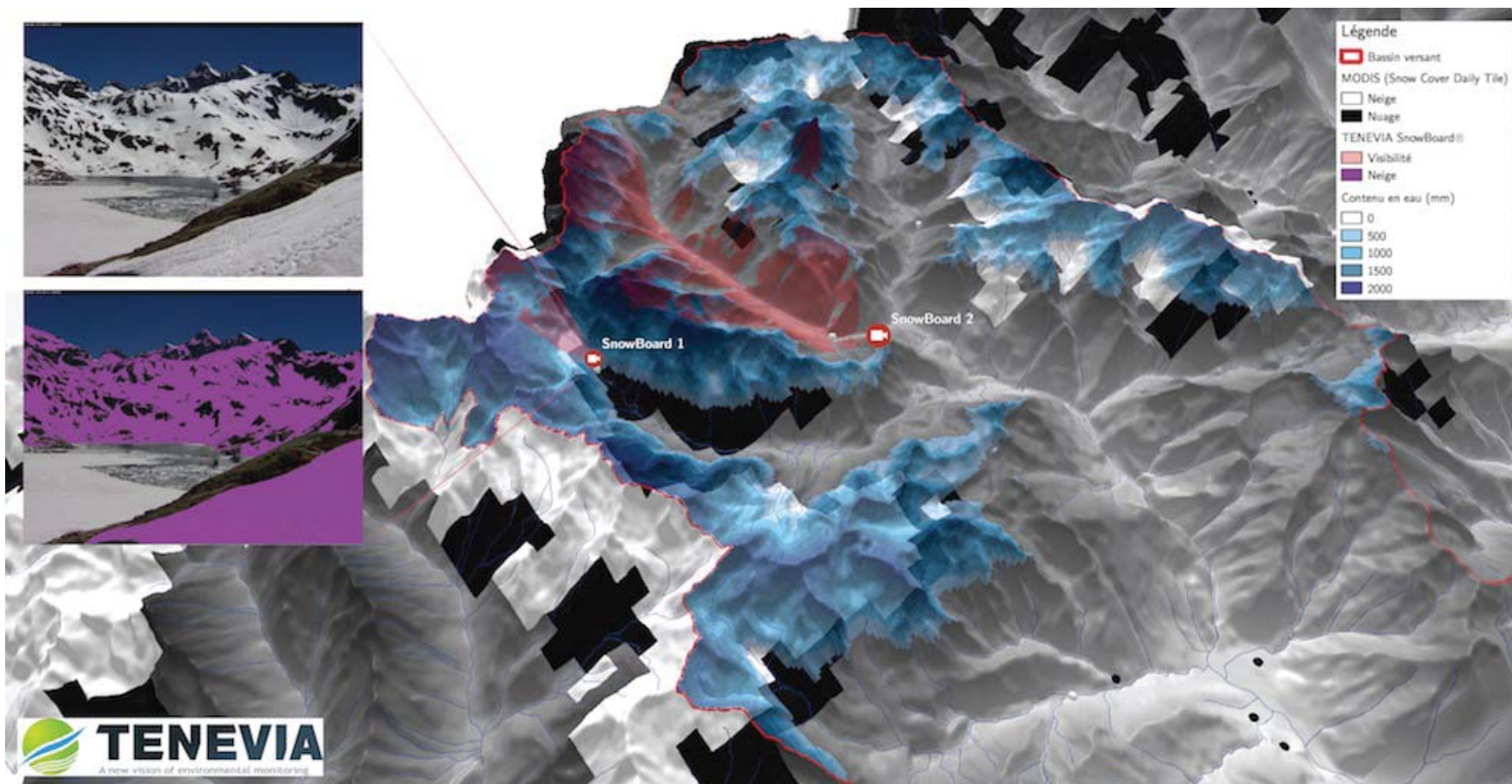


- ▶ La surveillance du manteau neigeux par analyses d'images:
 - couplée à des modélisations numériques de la fonte de la neige
 - et alimentée par des mesures éparées de précipitation et températures
 - permet de transformer ces images en cartes de contenus en eau.

- ▶ peut compléter ou interroger les techniques actuelles

Surveillance du manteau neigeux

Quelles propositions techniques?



Intégration d'un réseau de SnowBoard TENEVIA avec une couverture MODIS.

Surveillance du manteau neigeux



Pour quels bénéfices?

Surveillance du manteau neigeux

Pour quels bénéfices?



- ▶ La surveillance du manteau neigeux par analyses d'images contribue à une quantification du manteau neigeux à des échelles complémentaires.
- ▶ offrant ainsi une technique complémentaire aux techniques actuelles
 - en termes d'échelles (entre la mesure ponctuelle et la surveillance des massifs)
 - à des pas de temps horaires ou journaliers.
- ▶ pouvant être couplée à la surveillance des nuages par analyses d'images
 - complémentarité, optimisation des coûts, réseau de mesures.
 - dans un **dispositif intégré de surveillance des risques amont d'une zone vulnérable**.



- ▶ Surveillance de la couverture nuageuse
- ▶ Surveillance du manteau neigeux
- ▶ Surveillance des rivières



- ▶ Surveillance de la couverture nuageuse
- ▶ Surveillance du manteau neigeux
- ▶ **Surveillance des rivières**

Surveillance des rivières



Problématique?

Surveillance des rivières

Problématique ?



- Lors de la **gestion des crues et des inondations** des défauts de surveillance des niveaux d'eau et des débits des cours d'eaux peuvent survenir.

Surveillance des rivières

Problématique ?



- ▶ Lors de la **gestion des crues et des inondations** des défauts de surveillance des niveaux d'eau et des débits des cours d'eaux peuvent survenir.
- ▶ parce que **les capteurs**, très souvent immergés, **sont vulnérables** aux flux sédimentaires



Surveillance des rivières

Problématique ?



- ▶ Lors de la **gestion des crues et des inondations** des défauts de surveillance des niveaux d'eau et des débits des cours d'eaux peuvent survenir.
- ▶ parce que **les capteurs**, très souvent immergés, **sont vulnérables** aux flux sédimentaires



Surveillance des rivières

Problématique ?



- ▶ Lors de la **gestion des crues et des inondations** des défauts de surveillance des niveaux d'eau et des débits des cours d'eaux peuvent survenir.
- ▶ parce que **les capteurs**, très souvent immergés, **sont vulnérables** aux flux sédimentaires
- ▶ parce que **les capteurs** peuvent avoir des erreurs sans qu'il soit aisé de vérifier leur pertinence (CATNAT)

Surveillance des rivières

Problématique ?



- ▶ Lors de la **gestion des crues et des inondations** des défauts de surveillance des niveaux d'eau et des débits des cours d'eaux peuvent survenir.
- ▶ parce que **les capteurs**, très souvent immergés, **sont vulnérables** aux flux sédimentaires
- ▶ parce que **les capteurs** peuvent avoir des erreurs sans qu'il soit aisé de vérifier leur pertinence (CATNAT)
- ▶ parce que? parce que? On ne sait pas, on verra après la crue... (Seine début Juin)

Surveillance des rivières

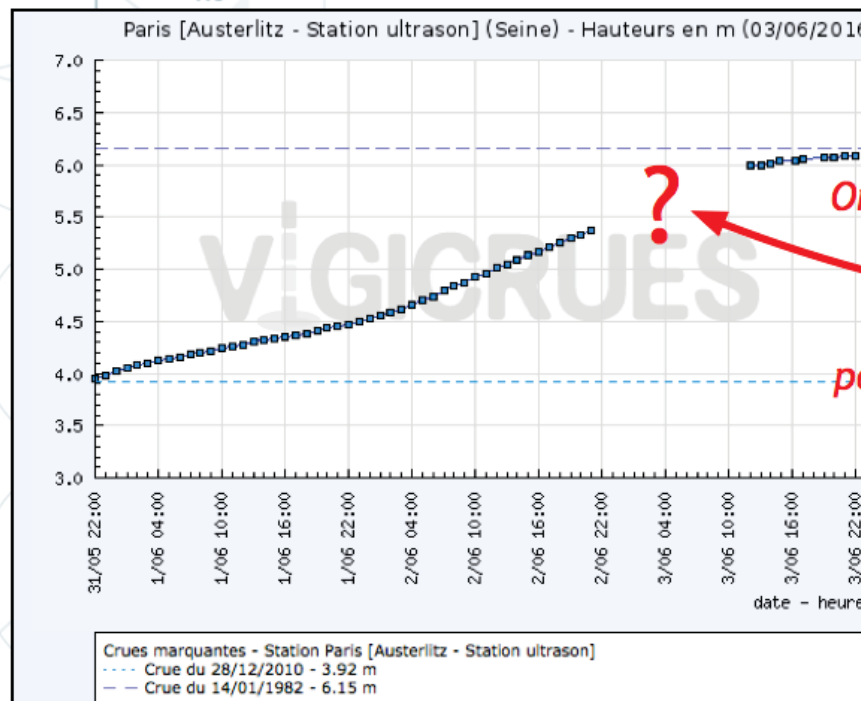
Problématique ?



- Lors de la **gestion des crues et des inondations** des défauts de surveillance des niveaux d'eau et des débits des cours d'eaux peuvent survenir.

Crue de la Seine Juin 2016

Un manque de mesures sur Vigicrues:
site internet utilisé par les gestionnaires



Commentaire sur la station :

Suite a un problème technique depuis le 02/06 23h, les données à la station automatique d'Austerlitz ne sont plus disponibles. Depuis le 03/06, les hauteurs sont saisies à partir d'une lecture de l'échelle par un observateur.

L'appareil de surveillance
de la Seine ne fonctionne plus

On constate effectivement
une interruption
de mesures affichées
pendant plus de 12 heures

Surveillance des rivières

Problématique ?



- Lors de la **gestion des crues et des inondations** des défauts de surveillance des niveaux d'eau et des débits des cours d'eaux peuvent survenir.

"Nous n'avons qu'une seule station à Paris car des mesures dans un autre endroit de la Seine ne présenterait pas de gros écart", explique Bruno Janet, chef du pôle de modélisation de Vigicrues. Ces deux capteurs ont sous-évalué le niveau de la crue d'une trentaine de centimètres, jeudi soir. Le ministère de l'Environnement est donc resté jusqu'à vendredi midi sur une prévision de pic de 5,30 à 5,90 mètres.

Un opérateur manuel a pris le relais

L'erreur n'a été détectée que vendredi matin par des analystes, qui ont découvert un écart entre les mesures en amont et en aval de la capitale. Un opérateur manuel a aussitôt pris le relai et surveille depuis le niveau de l'eau, centimètre par centimètre. L'estimation de pic de la crue a été relevée à 6,30 m - 6,50 m par le ministère de l'Environnement, vendredi midi.

Les techniciens de Vigicrues **devront attendre un peu avant de pouvoir confirmer si des débris ont bloqué les capteurs**, placés dans des puits pour être protégés de l'impact des matériaux charriés par les eaux. *"On ne peut pas encore y aller car c'est trop dangereux, précise Bruno Janet. On ne connaîtra la cause de la panne qu'à la décrue."*

Surveillance des rivières



Quelles propositions techniques?

Surveillance des rivières

Quelles propositions techniques?



- ▶ Là encore l'image peut être très utile



Surveillance des rivières

Quelles propositions techniques?



► Mesures de vitesses



Surveillance des rivières

Quelles propositions techniques?



► Mesures de vitesses



Surveillance des rivières

Quelles propositions techniques?



► Mesures de vitesses



Surveillance des rivières

Quelles propositions techniques?



► Mesures de vitesses



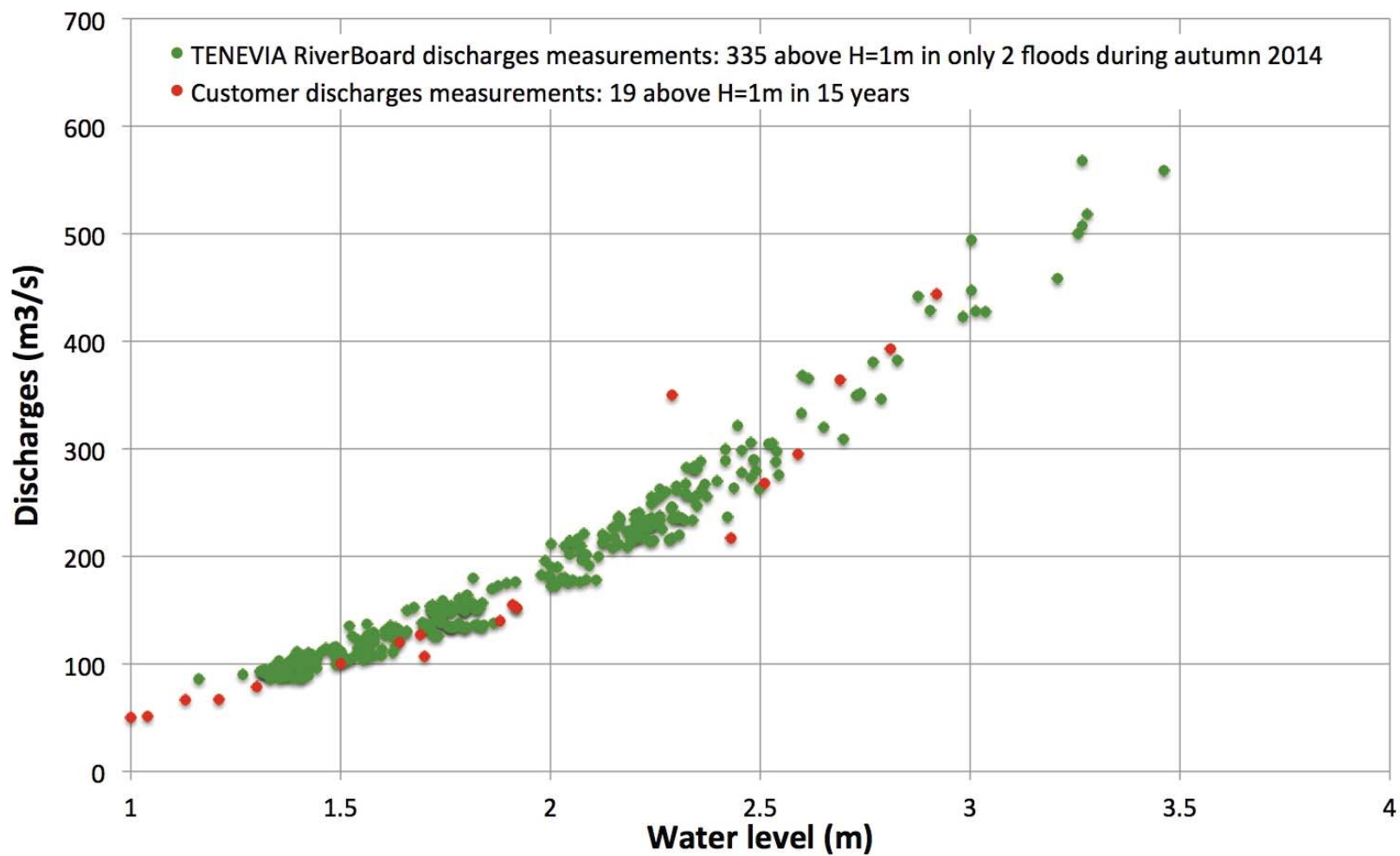
Surveillance des rivières

Quelles propositions techniques?



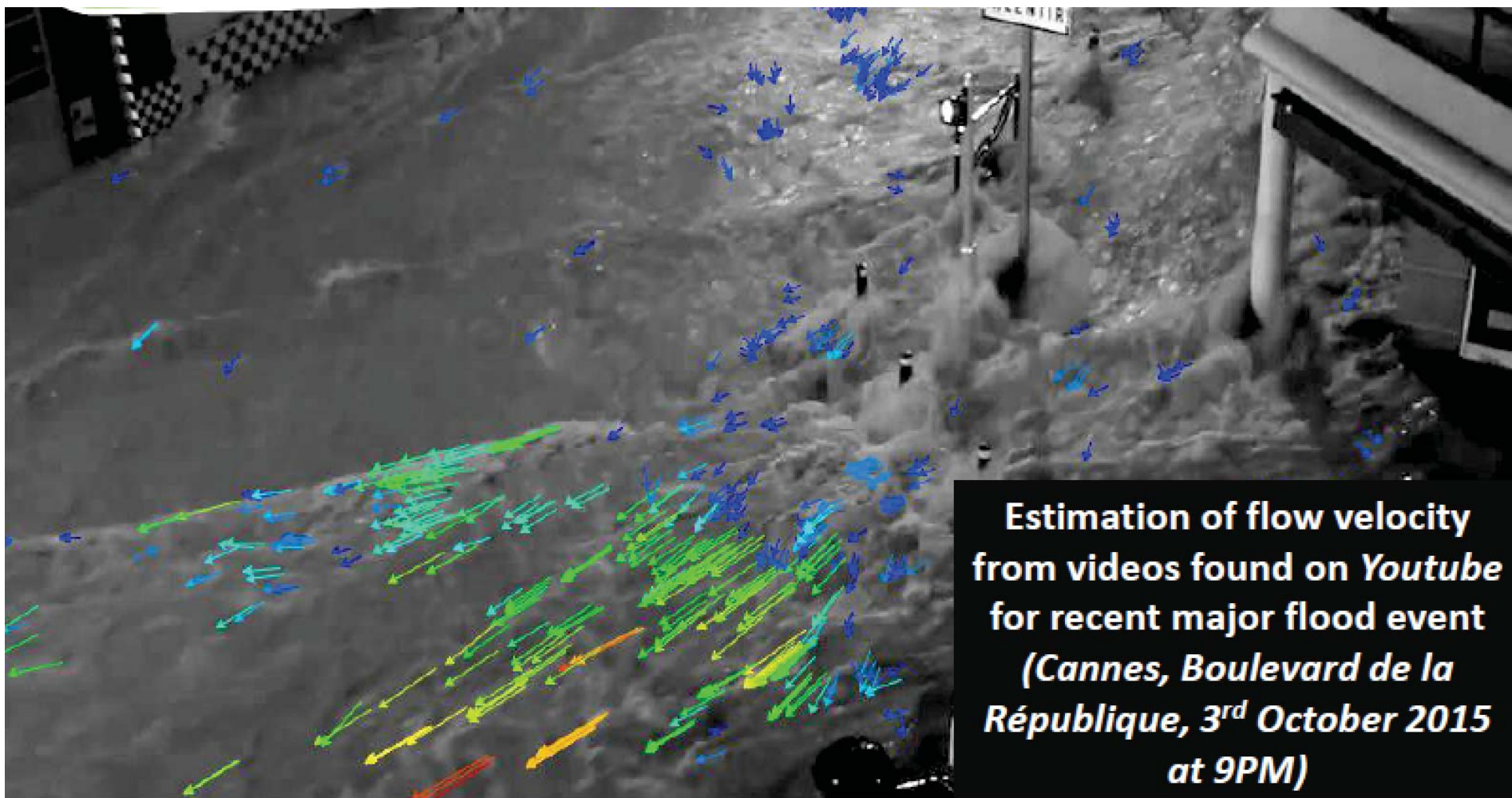
Surveillance des rivières

Quelles propositions techniques?



Surveillance des rivières

Quelles propositions techniques?



Cannes (Automne 2015)

Surveillance des rivières

Quelles propositions techniques?



Paris (Printemps 2016)

Surveillance des rivières



Pour quels bénéfices?

Surveillance des rivières

Pour quels bénéfices?



- ▶ La surveillance des rivières par analyses d'images constitue a minima une approche complémentaire des techniques actuelles.
- ▶ Elle fournit un nombre de mesures inégalé dans un temps record.
- ▶ La détection de détarage permet d'optimiser la maintenance d'un réseau de mesures hydrométriques.
- ▶ Il est possible de vérifier en temps réel la réalité du danger (vérifiabilité).
- ▶ Le cout d'installation et de maintenance est intéressant.
- ▶ Le caractère "non immergé" et "à distance" de l'approche contribue à sécuriser la fourniture d'informations utiles pendant une gestion d'un risque hydrologique.

Réseaux de mesures innovantes



- ▶ L'apport de l'image pour la surveillance de l'environnement et des risques est réel.
- ▶ Ces approches bénéficient d'un progrès constant des matériels disponibles et des transmissions disponibles.
- ▶ La France bénéficie encore d'une certaine avance dans le caractère intégré et multi-mesures de ces mesures.
- ▶ Ces approches peuvent déjà compléter les réseaux de mesures existants.
- ▶ Le potentiel de ces approches est encore sous-estimé. Le fait qu'elles soient de plus en plus utilisées va permettre de continuer à l'explorer.

- Merci -