

Hydrologie, météo et climat: état de connaissance, inconnues et perspectives sur le bassin de l'Yzeron



Prévision météo et surveillance des crues

Isabelle Braud, RiverLy, INRAE, Villeurbanne

➤ Les principaux processus impactant l'amplitude d'une crue

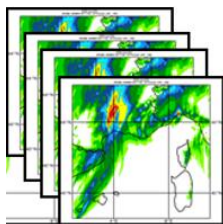
- La pluviométrie qui affecte le bassin versant et sa répartition dans l'espace et dans le temps (durée, intensité, localisation)
- Les conditions initiales d'humidité dans le bassin versant
- La capacité des sols à absorber la pluviométrie
- Le temps de réponse du bassin versant (le temps entre l'occurrence de la pluie et la réaction du bassin versant)

➤ Les ingrédients pour la prévision des débits

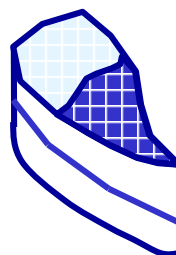
- La prévision des pluies ou son observation en temps réel (pluviographes, radar météorologique)
- La prévision des débits
- Les incertitudes

Composantes d'un système de prévision

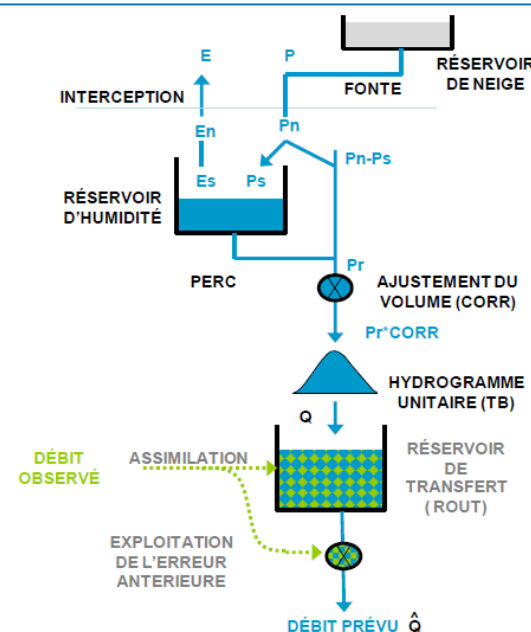
(a) Modèle météo: prévision de la pluie déterministe



Modèle hydrologique

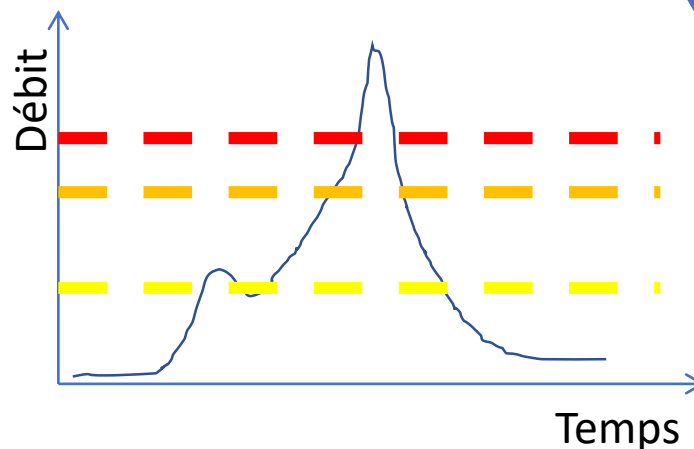


(b)



(c)

Simulation des débits et comparaison aux niveaux d'alerte



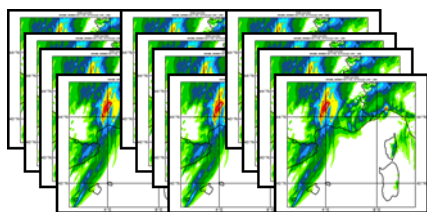
INRAE

Titre de la présentation

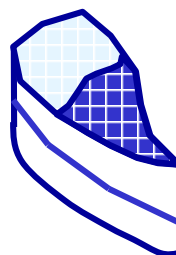
Date / information / nom de l'auteur

Composantes d'un système de prévision

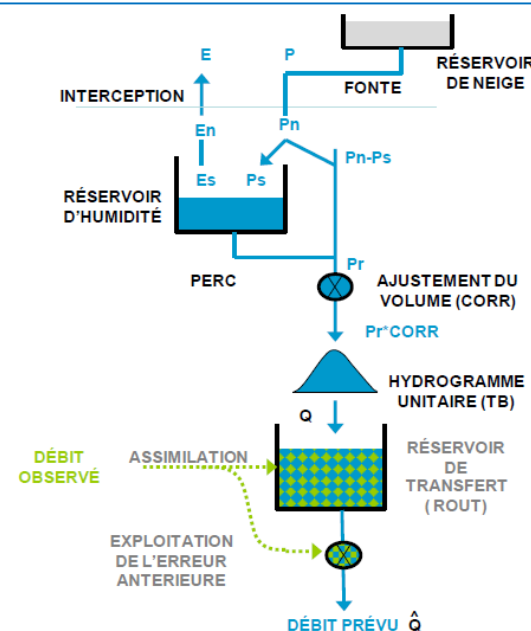
(a) Modèle météo + différentes conditions initiales: prévision d'ensemble de la pluie (plusieurs scénarios)



Modèle hydrologique



(b)



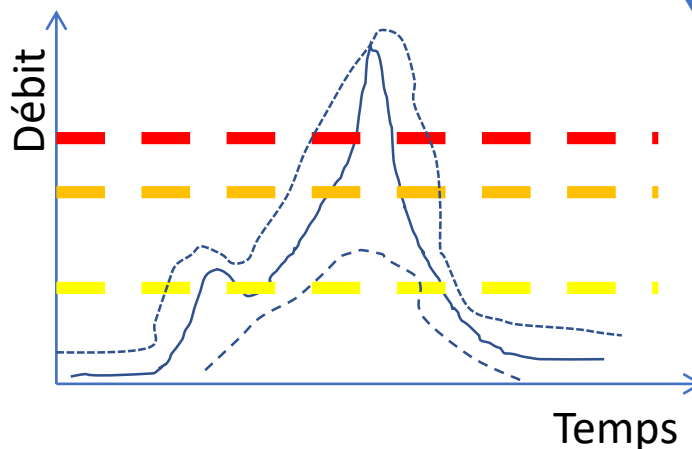
(c)

Simulation des débits et leurs incertitudes et comparaison aux niveaux d'alerte

INRAE

Titre de la présentation

Date / information / nom de l'auteur



➤ Quelques résultats sur l'Yzeron (2016-2018)

Questions traitées:

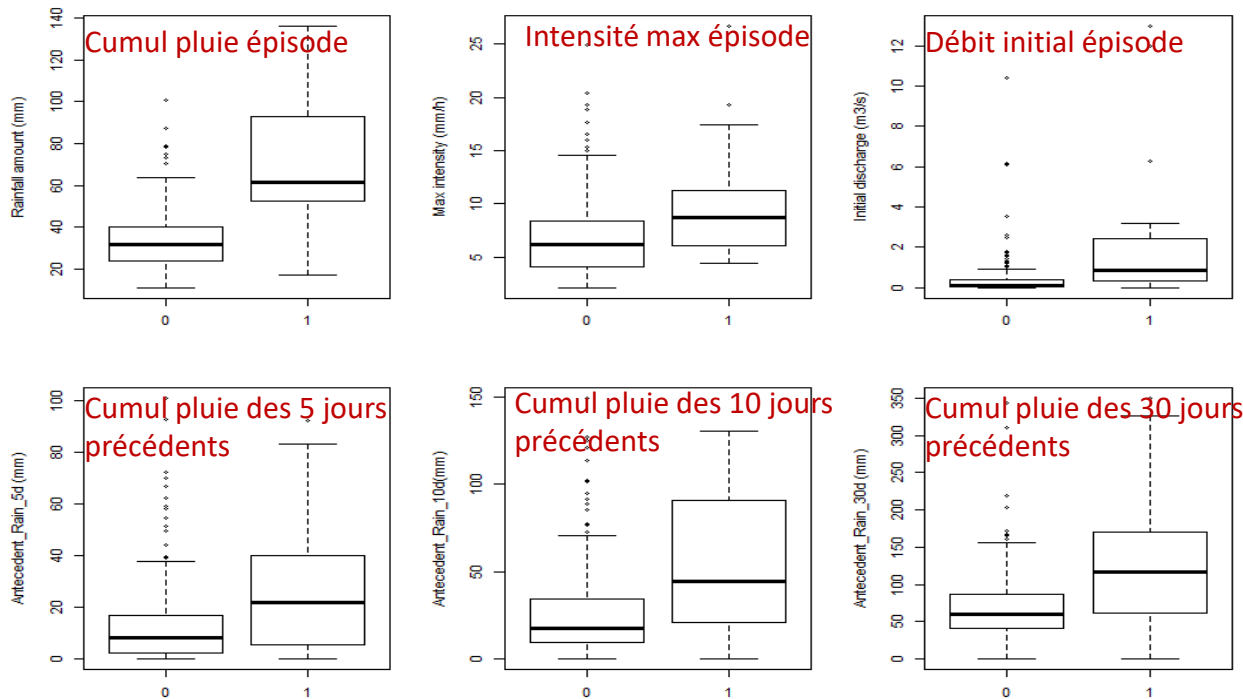
- Analyse de l'ensemble des données historiques disponibles, pour essayer de définir des seuils d'alerte à partir de la pluie ou d'autres variables
- Comparaison de différents modèles de prévision des crues disponibles : méthode AIGA: système de prévision des crues soudaines opérationnel au Schapi depuis Janvier 2017; modèles de prévision GRP
- Recommandations au SAGYRC pour la prévention des crues

➤ Analyse des données: méthodologie

- Extraction semi-automatique des différents épisodes de pluie (et de débits associées) sur le bassin de l'Yzeron à Taffignon (identification de tous les épisodes de pluie y compris ceux qui n'ont pas donné de réponse significative). 236 épisodes conservés avec $P_{\text{bassin}} > 20\text{mm}$ + 4 épisodes additionnels (1988-2016)
- Calcul de plusieurs variables explicatives de la forte réponse hydrologique (pic de débit à Taffignon): cumul de pluie, intensité maximale, débit initial, pluie cumulée sur les 5, 10, 30 jours précédents
- Dates des événements débordants (débit $> 23 \text{ m}^3/\text{s}$ à Taffignon, ~débit temps de retour deux ans)
- Analyse des facteurs pouvant conduire à une forte réponse

➤ Analyse des données: quelques résultats

0: crues non
problématiques
1: crues
problématiques



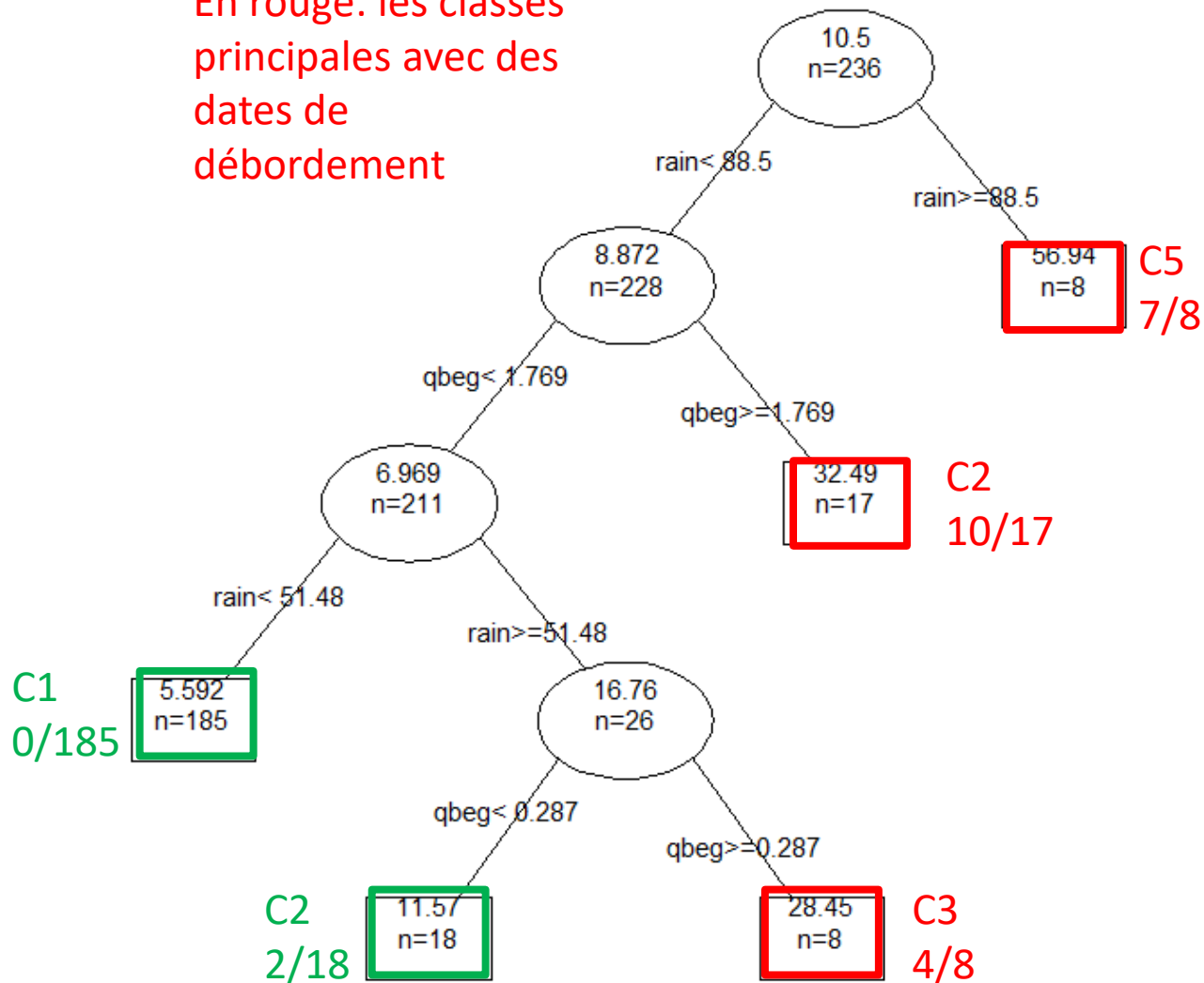
- Les crues « problématiques » ont des cumuls de pluie sur l'épisode, une intensité max, un débit initial, des pluies cumulées sur les 5, 10 et 30 jours précédents, significativement plus forts que les crues « non problématiques »

➤ Analyse des données: quelques résultats

- Recherche de groupes de crue ayant des comportements similaires et permettant de discriminer les crues débordantes
- Variables explicatives les plus discriminantes sur la valeur du pic de débit: le cumul de pluie de l'épisode, le débit initial, la pluie des 30 jours précédents
- Identification de trois types de crues problématiques:
 - Cluster 5: cumuls de pluie >88 mm
 - Cluster 4: débit initial > 1.8 m³/s (conditions initiales très humides, Pluie des 30 j. précédents élevée)
 - Cluster 3: cumul > 51mm, débit initial >0.3 m³/s

=> Des informations quantitatives permettant de définir des seuils de vigilance: cumul de pluie, pluie antérieure (transmission temps réel des pluviométriques INRAE)

En rouge: les classes principales avec des dates de débordement



➤ Evaluation de plusieurs modèles de prévision

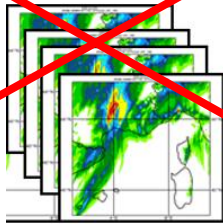
- Modèle GRP (horaire) développé à INRAE
- Modèle AIGA à la base du système d'alerte VigieCrue Flash
- Evaluation en pluie future parfaitement connues (donc dans des conditions optimales – on s'affranchit des erreurs et des incertitudes sur la prévision des pluies)



Observations de pluie
(pluviographes et radar)

Observations de débits

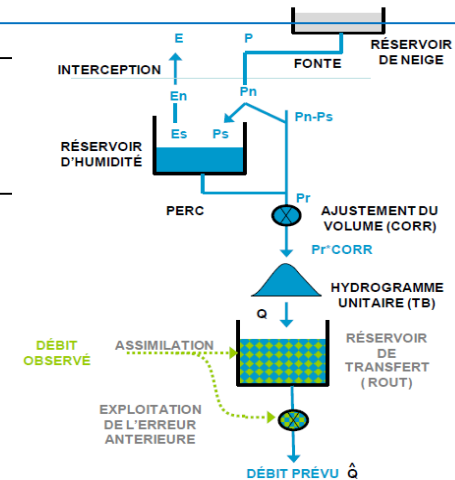
(a) ~~Modèle météo: prévision de
la pluie déterministe~~



Modèle
hydrologique

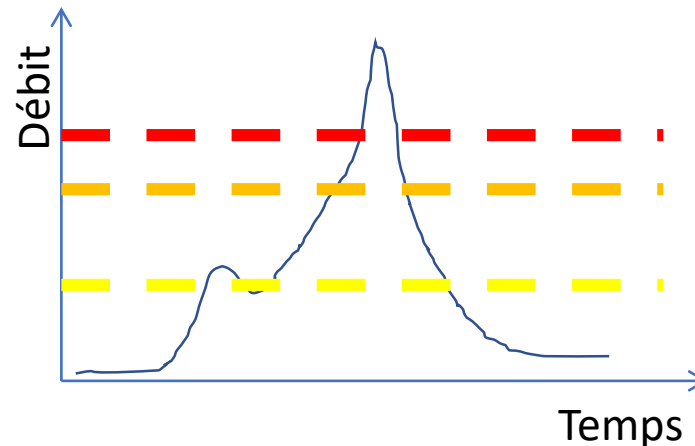


(b)



(c)

Simulation des débits
et comparaison aux
niveaux d'alerte



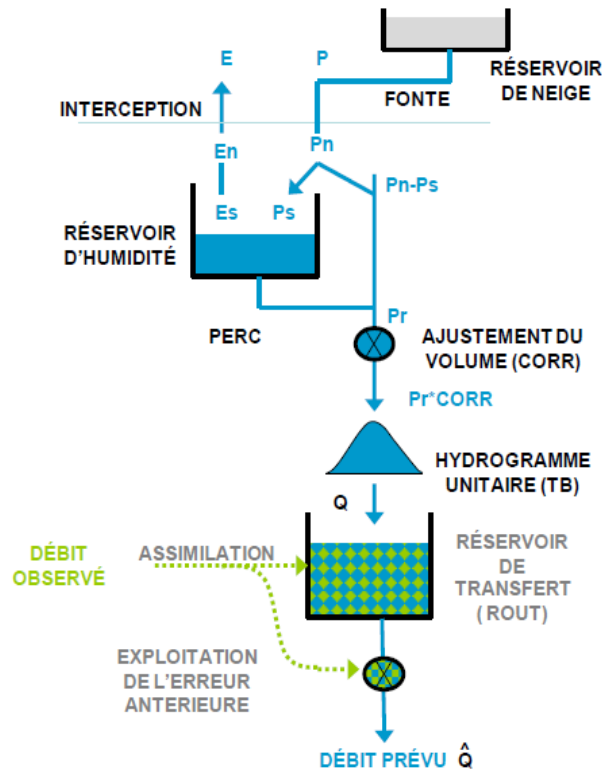
Calibration du
modèle
hydrologique
avec une
chronique de
débits observés
et des pluies
observées

INRAE

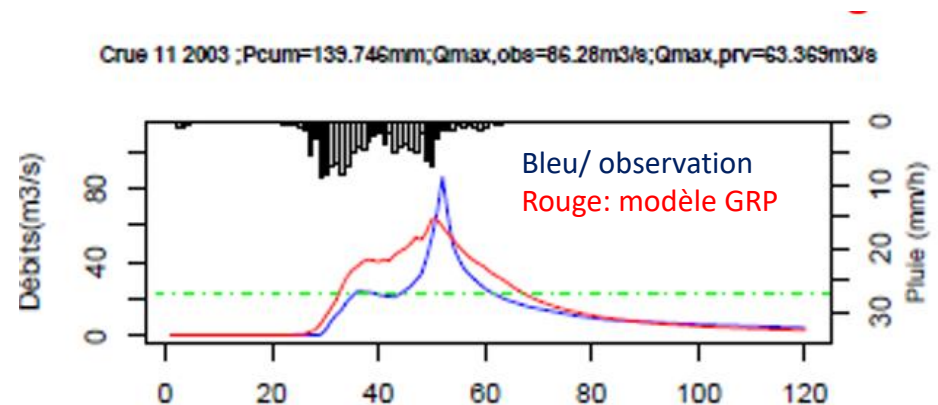
Titre de la présentation

Date / information / nom de l'auteur

➤ Mise en œuvre de GRP: évaluation en pluie parfaite connue



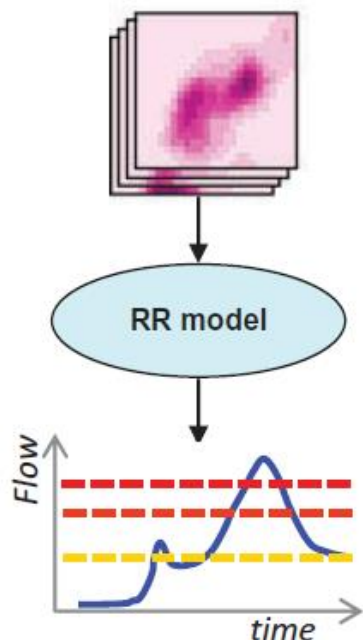
- Modèle global GRP (ne simule les débits qu'à l'exutoire – Taffignon)
- Modèles à pas de temps horaire
- Assimilation des données de débits en calage et en prévision dans GRP
- Modèle calé avec de bonnes performances **pour une prévision à 24h en pluie future connue**
- En général, GRP sous-estime les débits de pointe et simule des **hydrogrammes plus « mous »** qu'observé



➤ La méthode AIGA

Real time Q(t) modelling (GRD model)

Observed radar rainfall

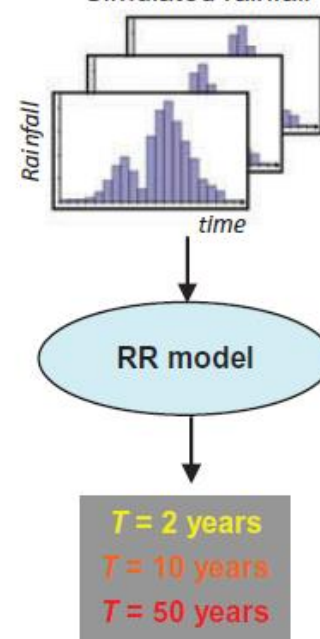


Flood warnings (AIGA)

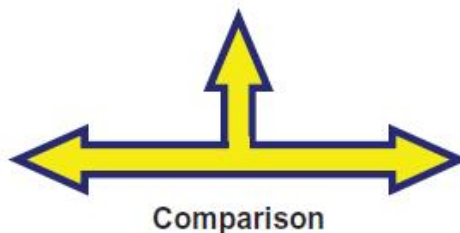


Model climatology Radar reanalyses 1998-2015

Simulated rainfall



*Figure tirée de
Javelle et al.
2014*



- Fonctionnement en temps réel: utilisation de données radar temps réel
- Alertes sur dépassement de seuils de quantiles pré-calculés
- Dans cette étude: analyses de simulations réalisées avec des images radar horaires en 44 points du bassin
- => On n'est donc pas dans la configuration opérationnelle

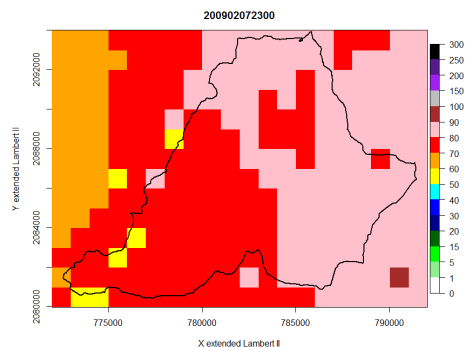
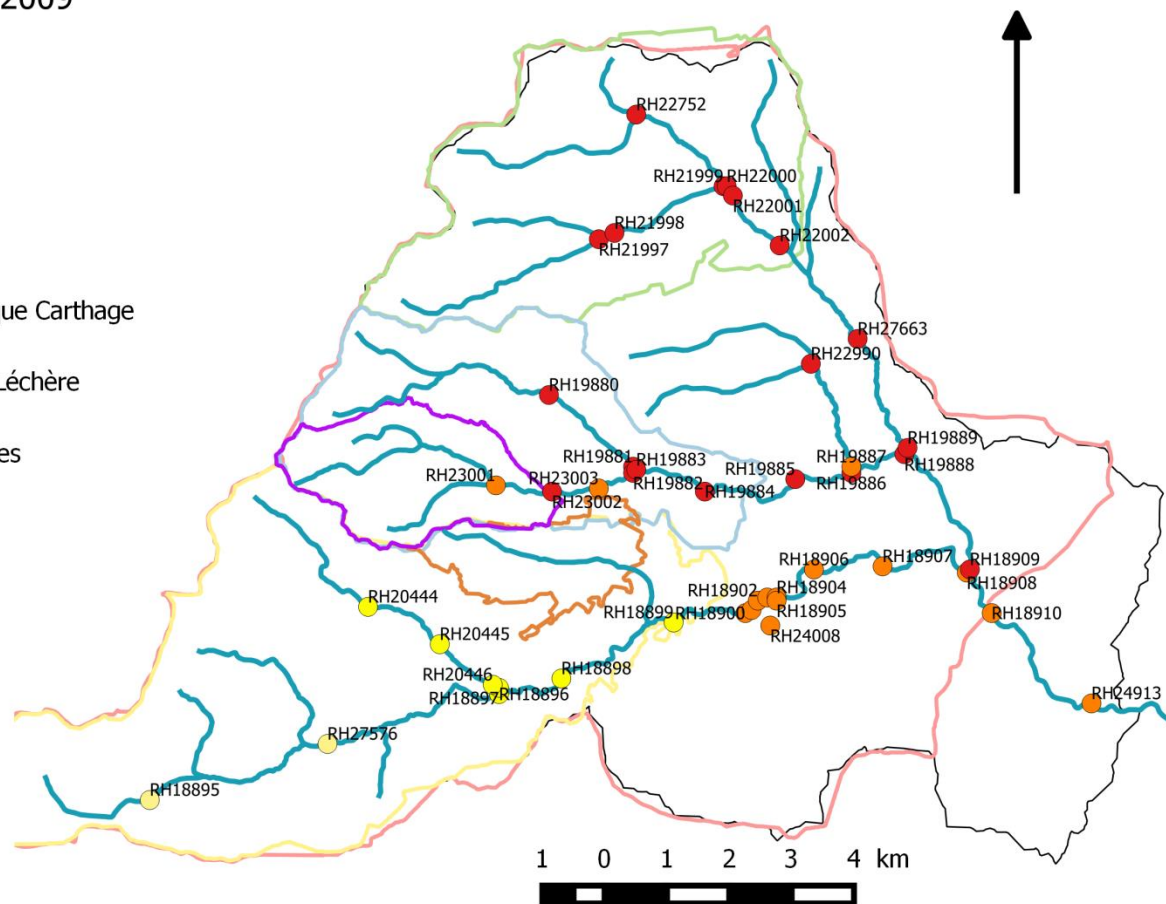
Crue février 2009, 77 mm, $Q_{peak}=57.5 \text{ m}^3/\text{s}$

Crue du 06 Février 2009

Période de retour AIGA

- 2
- 5
- 10
- 20
- 50
- 100

- Réseau hydrographique Carthage
- Contour Mercier
- Contour Chaudanne Léchère
- Contour Ratier
- Contour Charbonnières
- Contour Craponne
- Contour Taffignon
- Contour Yzeron



- Dans les conditions de l'évaluation, la méthode détecte bien les crues problématiques (avec cependant des fausses alarmes), mais avec très peu d'anticipation, ce qui n'est donc pas exploitable pour l'alerte des populations

➤ Quels temps d'anticipation entre les stations?

- A partir du décalage entre les pics de crues observés (valeurs médianes, mais une grande dispersion)
 - Propagation du pic en environ 1h depuis Craponne, Ratier et Charbonnières jusqu'à Taffignon
 - Propagation du pic en environ 2h depuis Mercier, Léchère jusqu'à Taffignon

=> Intérêt d'avoir accès en temps réel aux hauteurs d'eau/débits des stations intermédiaires
- La prévision des pluies n'est pas encore assez fiable pour bien anticiper un épisode qui impacterait l'Yzeron
- Pour le moment, les modèles de prévision ne permettent pas une anticipation suffisante pour être utiles à l'alerte des populations (il faudrait disposer de 3 à 6 heures d'anticipation)





➤ MERCI POUR VOTRE ATTENTION
DES QUESTIONS?



Remerciements:

Soutien financier du SAGYRC

Titre de la présentation

Données de l'Yzeron

acquises dans le cadre de l'OTHU

➤ Localisation des points de mesure

stations hydrométriques

Gestionnaire

- DREAL
- Irstea

pluviographes

Gestionnaire

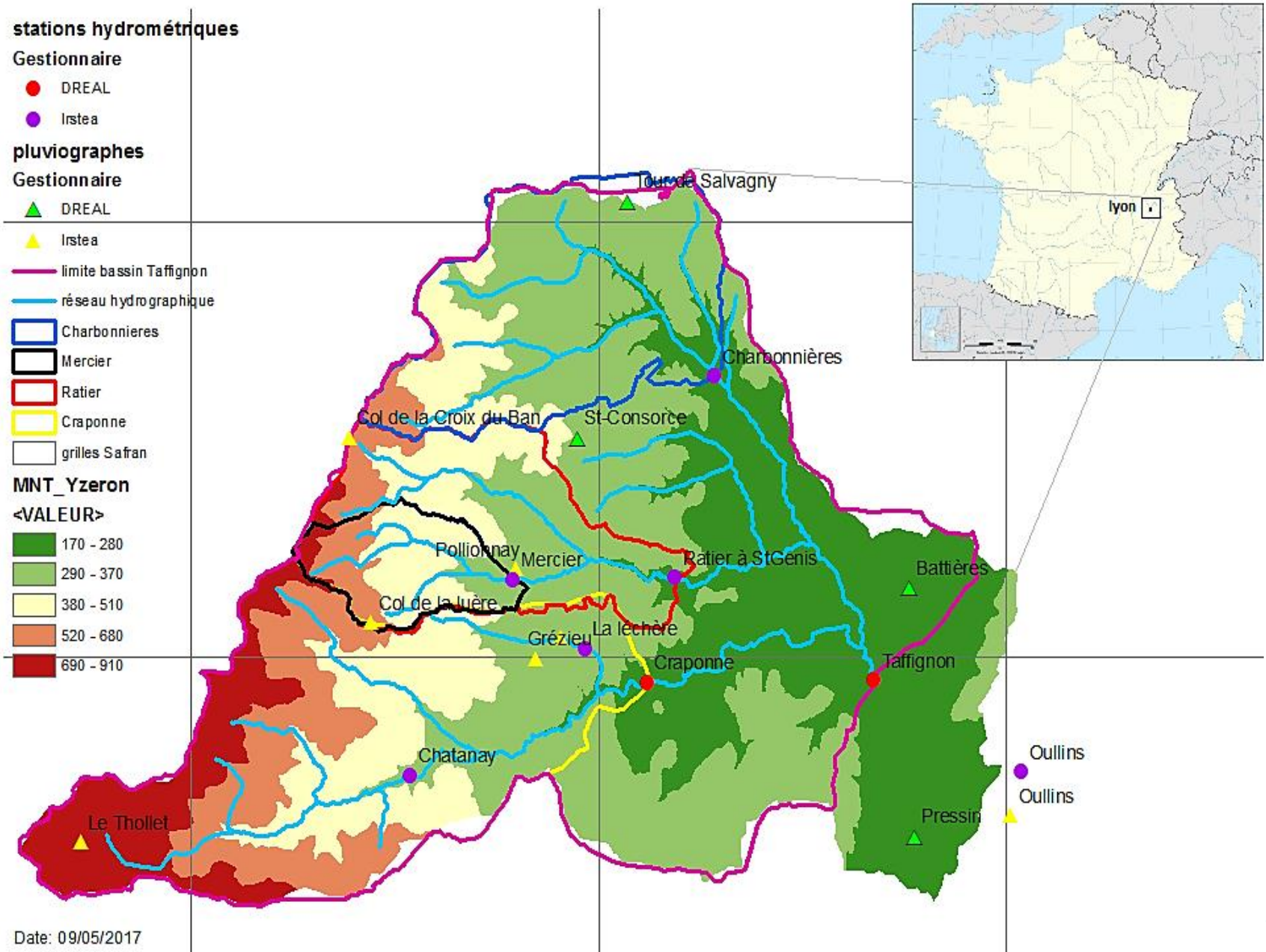
- ▲ DREAL
- ▲ Irstea

- limite bassin Taffignon
- réseau hydrographique
- Charbonnières
- Mercier
- Ratier
- Craponne
- grilles Safran

MNT_Yzeron

<VALEUR>

- 170 - 280
- 290 - 370
- 380 - 510
- 520 - 680
- 690 - 910

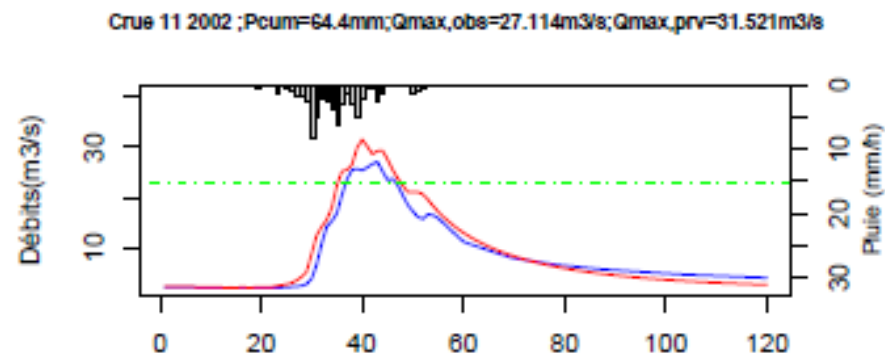
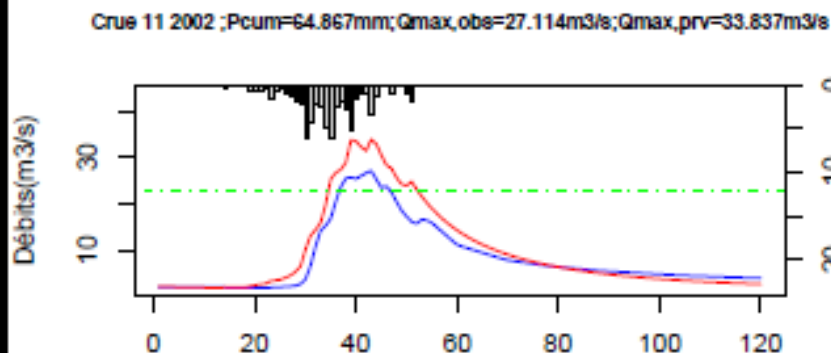


Date: 09/05/2017

➤ Dates de débordement

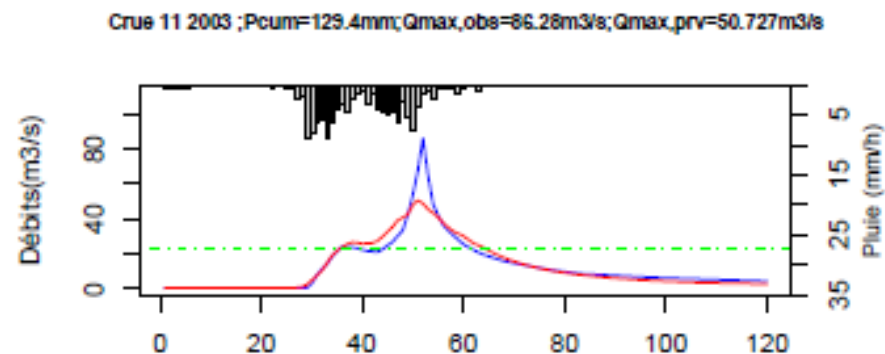
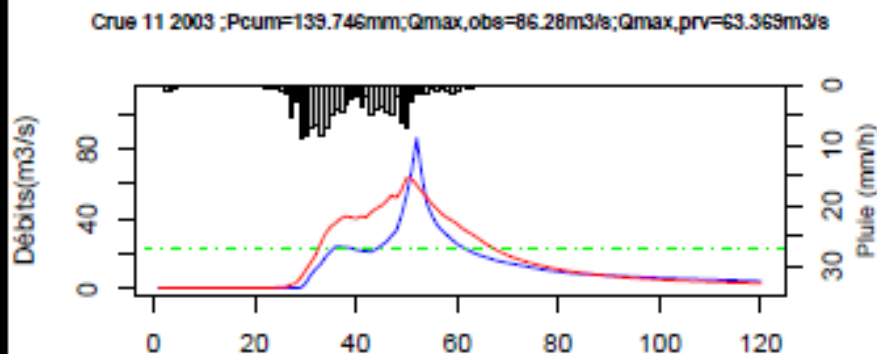
- Crues principales référencées
 - 26 Avril 1989
 - 5 Octobre 1993
 - 2 Décembre 2003
 - 17 Avril 2005
 - 6-7 Août 2007
 - 2 Novembre 2008
 - 6 Février 2009
 - 7-8 Septembre 2010
 - 4 Novembre 2004
 - 12-13 Mai 1993
 - 13 Novembre 1996
 - 23 Octobre 1999
 - 22 Novembre 2016)
- Crues additionnelles
 - 21-26 Novembre 1990
 - 21-23 Mars 1991
 - 10-13 Juin 1992
 - 22-23 Septembre 1993
 - 30 Septembre - 01 Octobre 1993
 - 06-07 Octobre 1993
 - 07 Octobre 1993
 - 07-09 Octobre 1993
 - 12-13 Octobre 1993
 - 17-18 Octobre 1993
 - 10-12 Janvier 1994
 - 12-13 Novembre 1996
 - 24-26 Novembre 2002
 - 07-09 Octobre 1993

➤ Exemples d'hydrogrammes prévus avec GRP



Bleu/ observation

Rouge: modèle GRP



- Modèle calé avec de bonnes performances pour une prévision à 24h en pluie future connue
- En général, GRP sous-estime les débits de pointe et simule des hydrogrammes plus « mous » qu'observé

➤ Comparaisons des méthodes

Avantages

Inconvénients

AIGA

- Fonctionne déjà en temps réel et info disponible sur abonnement
- Performances a posteriori acceptables sur le bassin

- N'utilise pas de prévisions météo pour le moment
- Faible anticipation sur l'Yzeron mais à tester avec l'info des pluies radar mise à jour toutes les 15 minutes

GRP

- Modèle calé sur le bassin
- La DREAL aurait les capacités à le faire tourner en temps réel
- Assimilation de données de débits en temps réel
- Possibilité de mise en vigilance 24h à l'avance

- Pas de temps horaire un peu grossier pour l'Yzeron
- Pas évalué en conditions réelles de prévisions (pluie future connue)
- Nécessite de télétransmettre la station de Taffignon en temps réel

➤ Comparaisons des méthodes

Avantages

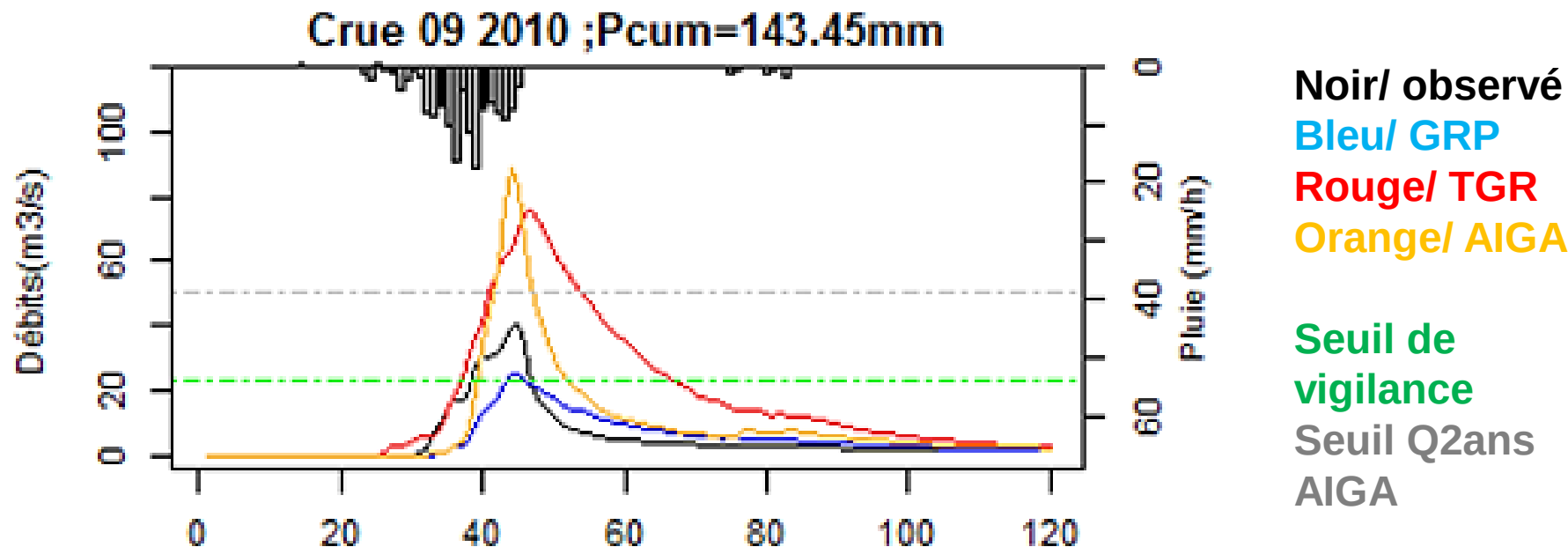
- Exploitation d'une base de données historique
- Transmission au SAGYRC des données en temps quasi-réel déjà effectives
- Acquisition des données adaptée pour calculer les variables intermédiaires nécessaires (cumuls de pluie épisodes, antérieures, dépassement de seuils d'intensité ou de niveaux)
- Des premières valeurs de seuils proposées qu'il faut tester

Inconvénients

- Nécessite une base de données pour mettre en œuvre la méthode
- Sources de données pas toutes accessibles hors travaux de recherche (SAFRAN, pluies radar)
- Facteurs explicatifs des crues rapides de l'Yzeron variés et pas de réponse simple
- Outil de mise en vigilance intéressant mais à affiner et pas parfait

**Seuils à
partir des
données**

➤ Comparaison des méthodes



- AIGA tend à surestimer fortement les débits simulés
- GRP tend à surestimer les débits et à produire des hydrogrammes « mous » avec une réponse plus lente qu'observé

➤ Comparaison des méthodes pour la détection d'événements problématiques (entrée pluie radar, échéance de prévision 24h pour GRP, TGR)

	GRP	TGR	AIGA	CART
POD (%)	82	100	82	96
FAR (%)	0		36	42
CSI (%)	82	45	56	56

➤ Localisation des points de simulation AIGA

Rainfall and meteo gauges

- ↑ Grand Lyon
- ↑ Irstea

Discharge gauges

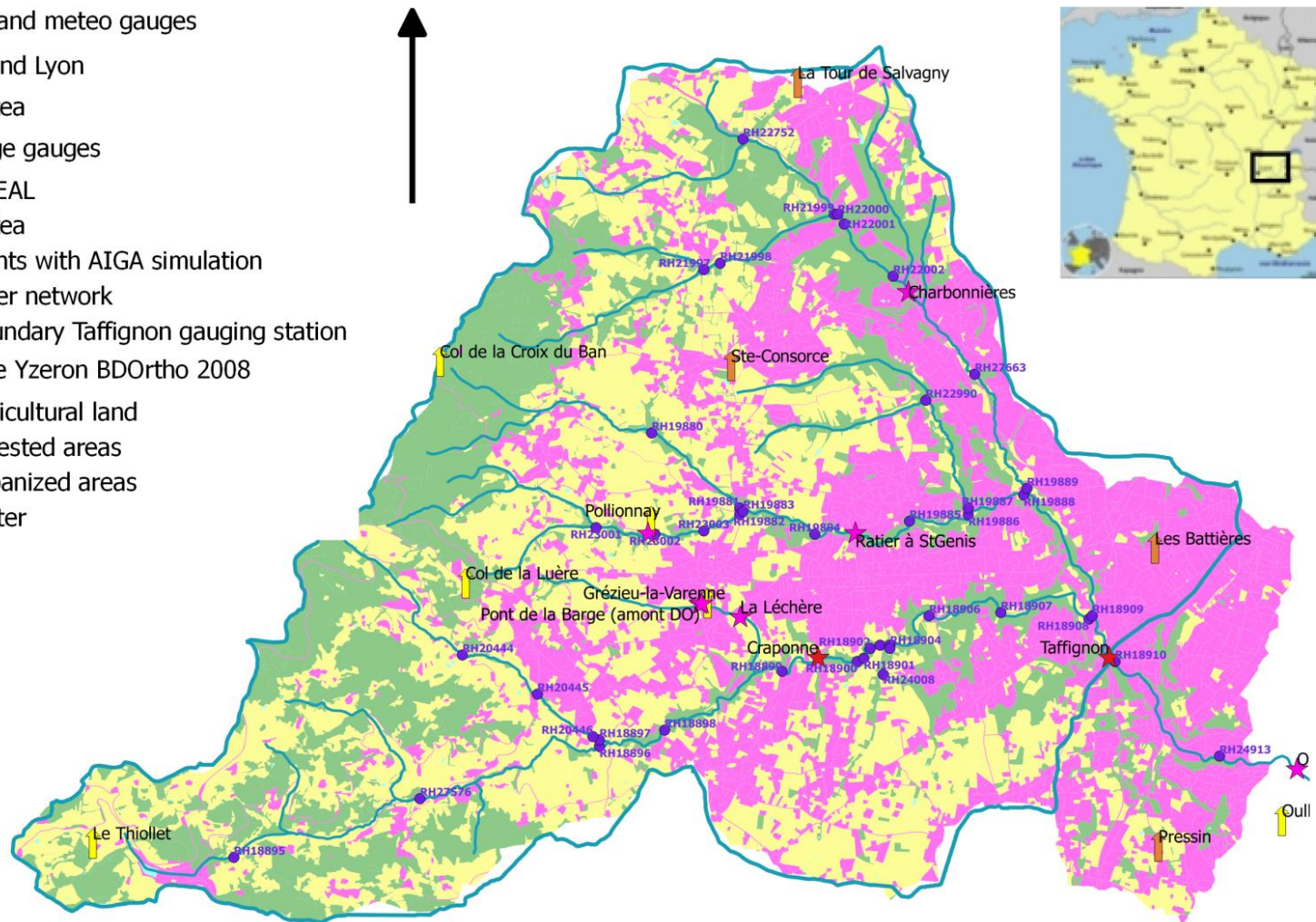
- ★ DREAL
- ★ Irstea
- Points with AIGA simulation

— River network

□ Boundary Taffignon gauging station

Land use Yzeron BDOrtho 2008

- Agricultural land
- Forested areas
- Urbanized areas
- Water



1 0 1 2 3 4 km



INRAE

Titre de la présentation

Date / information / nom de l'auteur