

# Retour d'Expérience des intempéries sur le département du Var du 19 janvier 2014

## Caractérisation hydraulique de l'événement

Octobre 2014



# Retour d'Expérience des intempéries sur le département du Var du 19 janvier 2014

## Volet 1 - Caractérisation hydraulique de l'événement

**date :** Octobre 2014

**auteur :** Cerema Direction Territoriale Méditerranée

**responsable de l'étude :** Christophe Esposito (DREC / SRILH)

**participants :** Mathieu Alquier, Fanny Floriani, Patrick Fourmigue, Anne-Marie Fromental, Christophe Laroche, Elodie Paya, Isabelle Roux (Cerema DTerMed / DREC / SRILH)

Lionel Duperray, Michel Kauffmann et les autres membres du pôle risques(DDTM 83)

Séverine Lopez, Ghislaine Verrhiest-Leblanc et les autres agents de l'unité des risques naturels majeurs (DREAL PACA)

### résumé de l'étude :

Le présent rapport constitue le volet 1 « caractérisation de l'événement » du retour d'expérience des inondations de janvier 2014 qui ont touchées le département du Var. Il est le fruit d'un travail commun entre les services de l'État et les principaux acteurs techniques du territoire. Ces résultats permettent de caractériser précisément les phénomènes en jeu (nature, intensité, période de retour...) et de les comparer à la connaissance actuelle issue d'études ou d'événements passés. Sur l'Argens, l'événement de janvier 2014 ne constitue pas l'événement de référence (considéré pour l'élaboration des PPRI suite aux inondations de 2010) et les débits de pointe ont été inférieurs à ceux observés lors des événements majeurs de 2010 et 2011. Pour les autres cours d'eau, Gapeau et fleuves côtiers, l'événement de janvier 2014 se rapproche ou dépasse les débits estimés pour l'événement de référence des PPRI. Ils permettent enfin de formuler des recommandations pour la capitalisation d'éléments de retour d'expérience pour de potentielles futures inondations.

**zone géographique :** Région PACA, Département du Var

**nombre de pages :** 94

Cadre d'affaire : C14MR0024

maîtres d'ouvrage : DREAL PACA / SPR (Mme Verrhiest-Leblanc Ghislaine) et DDT du Var

référence : devis du 24 avril 2014



## Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	28/05/14	Rapport provisoire fourni en point fixe du 02/06/2014
2	19/06/14	Complément au rapport
3	28/07/14	Compléments et relecture finale DREAL PACA et DDTM 83
4	01/08/14	Mise en forme du rapport
5	03/10/14	Édition rapport après validation DREAL PACA et DDTM 83

# SOMMAIRE

<b>1 CONTEXTE</b>	<b>7</b>
<b>2 CARACTÉRISATION HYDRAULIQUE DE L'ÉVÉNEMENT</b>	<b>9</b>
2.1 Campagne de photographies aériennes	9
2.2 Observations de terrain	13
2.2.1 Visites de terrain	13
2.2.2 Analyse des niveaux relevés aux stations hydrométriques du Gapeau	14
2.2.3 Relevé des PHE et laisses de crue	15
2.2.4 Reportages photos géo-référencées sur les secteurs touchés	17
2.2.5 La zone inondée de janvier 2014	19
2.2.5.1 Zone inondée délimitée par les services techniques des communes	19
2.2.5.2 Zone inondée de synthèse	20
2.3 Caractérisation hydrologique de l'événement	26
2.3.1 Pluviométrie	26
2.3.1.1 Cumul de pluie du 16 au 19 janvier 2014	26
2.3.1.2 Dynamique et qualification de l'événement pluviométrique les 18 et 19 janvier 2014	27
2.3.2 Caractérisation hydrologique de l'événement sur les bassins du Gapeau, de l'Argens et les petits côtiers	28
2.3.2.1 Bassin versant du Gapeau	31
2.3.2.2 Bassins versants côtiers : Maravenne, Pansard et Batailler	33
2.3.2.3 Bassin versant de l'Argens	40
2.4 Modélisation hydraulique avec Cartino	43
2.4.1 Le Pansard	43
2.4.2 Le Maravenne	55
2.4.3 Le Batailler	59
2.5 Comparaisons des zones inondables et inondées	65
2.5.1 Les zones inondables connues	65
2.5.1.1 L'Atlas des Zones Inondables	65
2.5.1.2 Les Plans de Prévention des Risques Inondations	67
2.5.1.3 La cartographie de la Directive Inondation	75
2.5.2 La zone inondée en juin 2010	83
<b>3 CONCLUSION</b>	<b>89</b>
<b>4 BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>90</b>
<b>5 ANNEXES</b>	<b>92</b>
Annexe 1 : Proposition financière de l'IGN	93
Annexe 2 : Traitement des canaux Infrarouge par l'IGN	98
Annexe 3 : Compte-rendu de visite	105
Annexe 4 : Compte-rendu de la visite des stations hydrométriques du Gapeau et leurs abords	125
Annexe 5 : Exemple de fiche PHE	151
Annexe 6 : CCTP Nivellement	153

Annexe 7 : Note technique de nivellement.....	160
Annexe 8 : Champ de la Base de Données des PHE.....	163
Annexe 9 : Notice Cartino.....	165
Annexe 10 : Carte d'avancement des PPRi du Var.....	170
Annexe 11 : Comparaison des PHE de juin 2010 et de janvier 2014.....	172

## Illustrations

Illustration 1: Cours d'eau et communes étudiés.....	8
Illustration 2: axes de vols de la mission FUVAR.....	11
Illustration 3: axes de vols de la mission FUARGENS.....	12
Illustration 4: Localisation des 398 PHE.....	16
Illustration 5: Localisation des 937 photographies.....	18
Illustration 6: Écart entre les PHE et la zone inondée de la commune.....	19
Illustration 7: Vignes couchées suite à la crue.....	21
Illustration 8: Zone inondée de l'Argens.....	22
Illustration 9: Zone inondée de Bormes-les-Mimosas et le Lavandou.....	23
Illustration 10: Zone inondée de Hyères.....	24
Illustration 11: Zone inondée de la Londe-les-Maures.....	25
Illustration 12: Cumul pluviométrique sur 4 jours du 16 au 19 janvier 2014.....	26
Illustration 13: Cumuls de pluie en 48 h (samedi 18 à 7h au lundi 20 à 7h).....	27
Illustration 14: Indice d'humidité des sols le 15 janvier 2014.....	29
Illustration 15: Principaux cours d'eau et bassins versants concernés.....	30
Illustration 16: le bassin versant du Gapeau et ses stations hydrométriques.....	31
Illustration 17: Pluie de bassin du Gapeau et hydrogrammes de crue des trois stations. ...	32
Illustration 18: Pluie de bassin du Maravenne.....	35
Illustration 19: Pluie de bassin du Pansard.....	35
Illustration 20: Pluie de bassin du Batailler.....	36
Illustration 21: Pixels SHYREG utilisés.....	37
Illustration 22: Bassin versant de l'Argens et stations hydrométriques.....	40
Illustration 23: Hydrogrammes de crue de l'Argens et ses affluents.....	41
Illustration 24: Profil en long Cartino sur le Pansard.....	44
Illustration 25: Lignes d'eau calculées du Pansard.....	45
Illustration 26: Résultats pour Q = 300m <sup>3</sup> /s sur le secteur 1.....	48
Illustration 27: Résultats pour Q = 300m <sup>3</sup> /s sur le secteur 2.....	49
Illustration 28: Résultats pour Q = 300m <sup>3</sup> /s sur le secteur 3.....	50
Illustration 29: Résultats pour Q = 300m <sup>3</sup> /s sur le secteur 4.....	51
Illustration 30: Résultats pour Q = 300m <sup>3</sup> /s sur le secteur 5.....	52
Illustration 31: Résultats pour Q = 300m <sup>3</sup> /s sur le secteur 6.....	53
Illustration 32: Résultats pour Q = 300m <sup>3</sup> /s sur le secteur 7.....	54
Illustration 33: Illustration 33: Profil en long Cartino sur le Maravenne.....	55
Illustration 34: PHE disponibles autour de la RD 98.....	56
Illustration 35: Lignes d'eau calculées du Maravenne.....	57
Illustration 36: Résultats pour Q=100 m <sup>3</sup> /s et limite existante à l'aval de la RD559.....	58
Illustration 37: Résultats pour Q= 100 m <sup>3</sup> /s et limite existante au Village Vacances.....	59
Illustration 38: Profil en long Cartino sur le Batailler.....	60
Illustration 39: Lignes d'eau calculées du Batailler.....	61
Illustration 40: Résultats pour Q = 200m <sup>3</sup> /s en amont de la RD298.....	63
Illustration 41: Résultats pour Q = 200m <sup>3</sup> /s en aval de la RD298.....	64
Illustration 42: Atlas des Zones Inondables du secteur d'étude.....	66
Illustration 43: Limite du PPRi de Fréjus et la zone inondée.....	68



Illustration 44: Limite du PPRi de l'Argens et la zone inondée.....	69
Illustration 45: Limite du PPRi de Hyères (violet) et la zone inondée.....	69
Illustration 46: Limite des PPRi de Bormes-les-Mimosas et Le Lavandou et la zone inondée.....	70
Illustration 47: Profil en long du Batailler – Comparaison PPRi-Cartino-PHE.....	71
Illustration 48: Limite du PPRi de La Londe-les-Maures et la zone inondée.....	72
Illustration 49: Profil en long du Pansard – Comparaison PPRi-Cartino-PHE.....	73
Illustration 50: Profil en long du Maravenne – Comparaison PPRi-Cartino-PHE.....	74
Illustration 51: Localisation des cours d'eau des 2 TRI.....	76
Illustration 52: Scénario Fréquent sur l'Argens.....	77
Illustration 53: Scénario Moyen sur l'Argens.....	78
Illustration 54: Scénario Extrême sur l'Argens.....	79
Illustration 55: Scénario Fréquent sur le Gapeau.....	80
Illustration 56: Scénario Moyen sur le Gapeau.....	81
Illustration 57: Scénario Extrême sur le Gapeau.....	82
Illustration 58: Cumuls des pluies en juin 2010.....	83
Illustration 59: Comparaison Zone Inondée 2010 et Zone Inondée 2014.....	85
Illustration 60: Secteur de Soliès,Coudounier et Riau Tort (8 PHE comparables).....	87
Illustration 61: Secteur de la confluence Florièye-Argens (2 PHE comparables).....	87
Illustration 62: Secteur de l'Argens aval et La Garonne (16 PHE comparables).....	88

## Tableaux

Tableau 1: Attributs des photographies géoréférencées.....	17
Tableau 2: Hauteur maximale et débit de pointe.....	33
Tableau 3: Temps de concentration des bassins versants.....	34
Tableau 4: Valeurs des cumuls de pluies de bassin et période de retour associées.....	36
Tableau 5: Estimation des débits de pointe.....	38
Tableau 6: Comparaison des débits de pointe aux débits de référence.....	39
Tableau 7: Comparaison des débits de pointe aux stations et calculés.....	42
Tableau 8: Différence entre PHE et Calcul Cartino sur le Pansard.....	46
Tableau 9: Différence entre PHE et Calcul Cartino sur le Batailler.....	62
Tableau 10: PHE communes en fonction du rayon d'analyse.....	86

# 1 Contexte

Le 19 janvier 2014, le département du Var a été touché par des précipitations importantes et plusieurs secteurs ont été inondés : le secteur Argens (du Muy à Fréjus), le secteur de Le Luc en Provence, le secteur de Pierrefeu-du-Var et le littoral (de Hyères à Bormes-Les-Mimosas, en passant par la Londe-des-Maures).

La DREAL PACA et la DDTM 83 ont demandé un appui technique au Cerema DTer Méditerranée pour l'établissement d'un retour d'expérience sur 3 thématiques :

- volet 1 - caractérisation hydraulique de l'événement,
- volet 2 - conséquences et examen des dommages
- volet 3 - gestion de crise.

Ce travail, conduit de janvier à fin juin 2014, a fait l'objet de nombreuses réunions de suivi.

L'objectif était de comprendre les phénomènes observés afin de pouvoir les maîtriser plus efficacement à l'avenir. Il s'agit dans ce cadre de caractériser précisément les phénomènes en jeu (nature, intensité, période de retour...) et de les comparer à la connaissance actuelle issue d'études ou d'événements passés.

Cette thématique a nécessité les actions suivantes dont certaines ont été menées conjointement par plusieurs entités :

- Relevé et recueil des « Plus Hautes Eaux » (PHE) et des laisses de crue ;
- Reportages photos géoréférencés sur les secteurs touchés ;
- Identification des facteurs aggravants ;
- Comparaison des zones inondées aux études et modélisations disponibles à ce jour (AZI, PPRI, DI...) ainsi qu'aux données des événements passés sur ces zones ;
- Exploitation des photos aériennes prises par l'IGN quelques jours après l'événement (entre le 21 et le 24 janvier 2014).

Elles ont nécessité des visites de terrain et des modélisations spécifiques.

La caractérisation des événements (débordement de cours d'eau, ruissellement, submersion) doit porter sur l'ensemble des cours d'eau concernés, à savoir : le Réal Martin, le Gapeau, Le Pansard, Le Maravenne, Le Batailler et Le Roubaud (Illustration 1).

Pour l'Argens et ses affluents (le Réal, Le Riautord), les données fournies par le Conseil Général du Var et le SCHAPI ont été utilisées (PHE, modélisation...) pour définir la zone inondée.



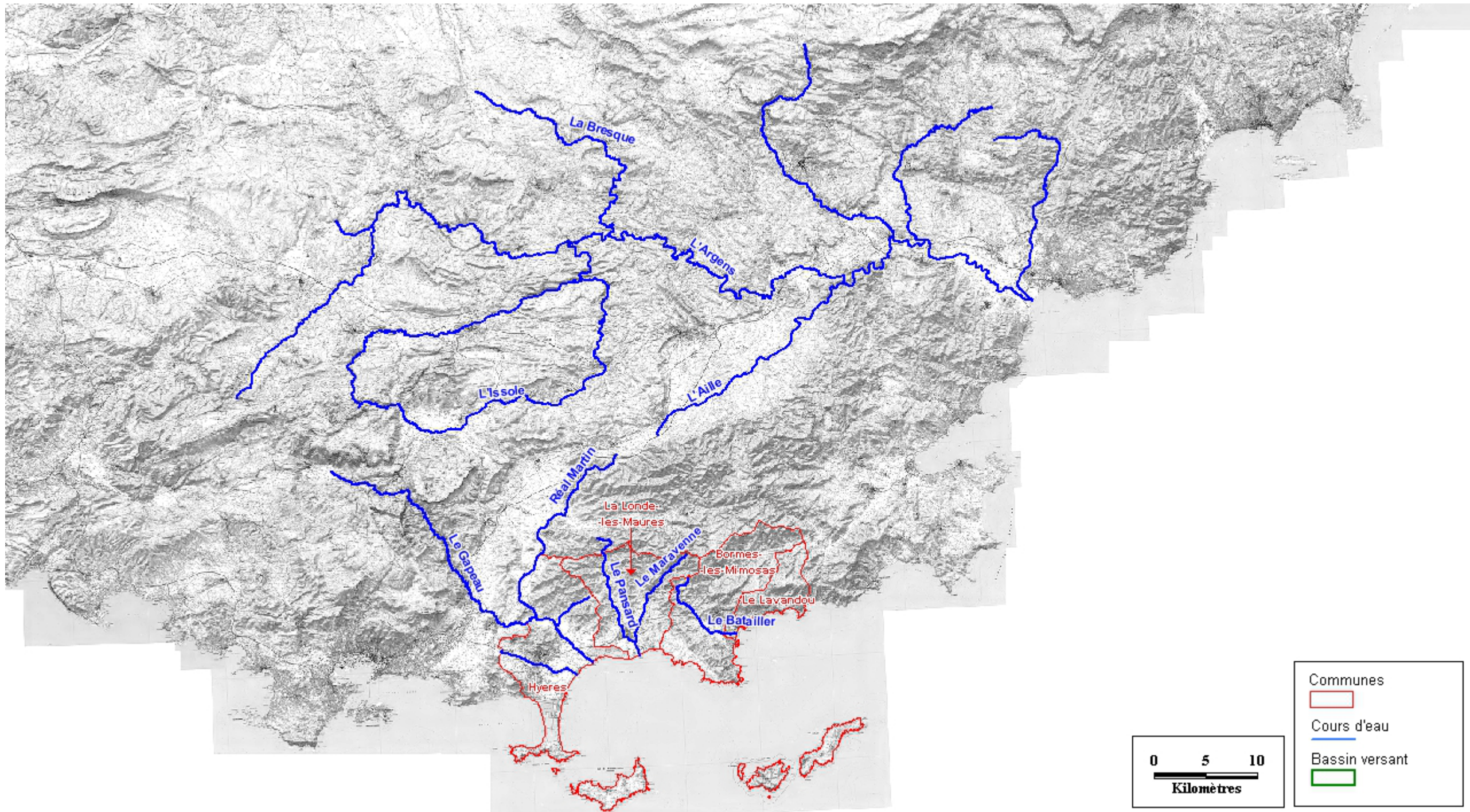


Illustration 1: Cours d'eau et communes étudiés

Source : Auteurs



## 2 Caractérisation hydraulique de l'événement

### 2.1 Campagne de photographies aériennes

Dès le lendemain de la crue, la DREAL PACA a souhaité réaliser une mission de prise de vues aériennes afin d'obtenir une « photographie » réelle post-événement et d'aider à la définition de la zone inondée et de localiser les principaux dommages et effets indirects (ex : glissements de terrain, endommagement de berges...).

Pour se faire, une consultation de bureaux d'études privés et de l'IGN a été conduite et s'est soldée par la sélection de l'IGN et sa proposition financière (Annexe 1 - DirSE / Rext / 14.016).

A noter que, bien qu'une convention-cadre nationale IGN-DGPR (<http://extranet.schapi.i2/spip/spip.php?article1158>) existe pour ce type d'intervention, elle n'a pas pu être déclenchée dans le cadre de cet événement météorologique.

La mission confiée à l'IGN consistait à :

1. réaliser des prises de vues aériennes de résolution 10 cm en couleurs naturelles (RGB) et infrarouge (IRC) ; considérant le retour d'expérience de la DDT 65 à la suite des inondations de 2013, la résolution de 10 cm semblait suffisante pour l'exploitation souhaitée *in fine* et l'infrarouge devait permettre une meilleure discrimination des zones inondées.
2. réaliser un levé altimétrique LIDAR aéroporté ;
3. traiter un levé LIDAR (calcul d'un modèle numérique de terrain destiné au calcul de l'ortho-photographie) ;
4. traiter la prise de vues pour une aérotriangulation et un calcul d'une ortho-photographie « express ».

A la demande des services de l'Etat, deux zones ont été couvertes :

1. Mission FUVAR (Illustration 2) couvrant Le Gapeau, Le Roubaud, Le Réal Martin, Le Maravenne et Le Batailler (Les axes de vol 10 à 12 ont été prolongés jusqu'à la côte pour couvrir le Lavandou)
2. Mission FUARGENS (Illustration 3) couvrant l'Argens et ses affluents.

Les cours d'eau couverts concernés étaient :

- Réal Martin depuis la commune de Pierrefeu jusqu'à la confluence avec le Gapeau sur une bande de 2 km de large (survol sur 16 km de long environ)
- Gapeau depuis la commune de la Crau jusqu'à l'embouchure sur une bande de 2,5km sur 13 km environ
- Argens depuis la commune du Muy jusqu'à l'embouchure sur une bande de 3,5 km sur environ 17 km de long
- Roubaud de Hyères jusqu'à l'embouchure bande de 2 km sur environ 10 km

Les vols ont été réalisés respectivement le 21 janvier 2014 pour le secteur « Gapeau, Pansard, Batailler » et le 24 janvier 2014 pour le secteur « Argens ». En effet, les conditions météorologiques ont contraint le report de quelques jours du vol sur l'Argens. A noter, qu'un représentant de la DDTM 83 a participé au vol du 21 janvier. L'expérience a montré que la présence d'un acteur connaissant le territoire et la zone touchée est essentielle pour optimiser le vol et les prises de vues réalisées (ici, l'extension de lignes de vols à la demande de la DDTM 83 a permis de couvrir les cours d'eau côtiers du Lavandou, non prévus initialement).

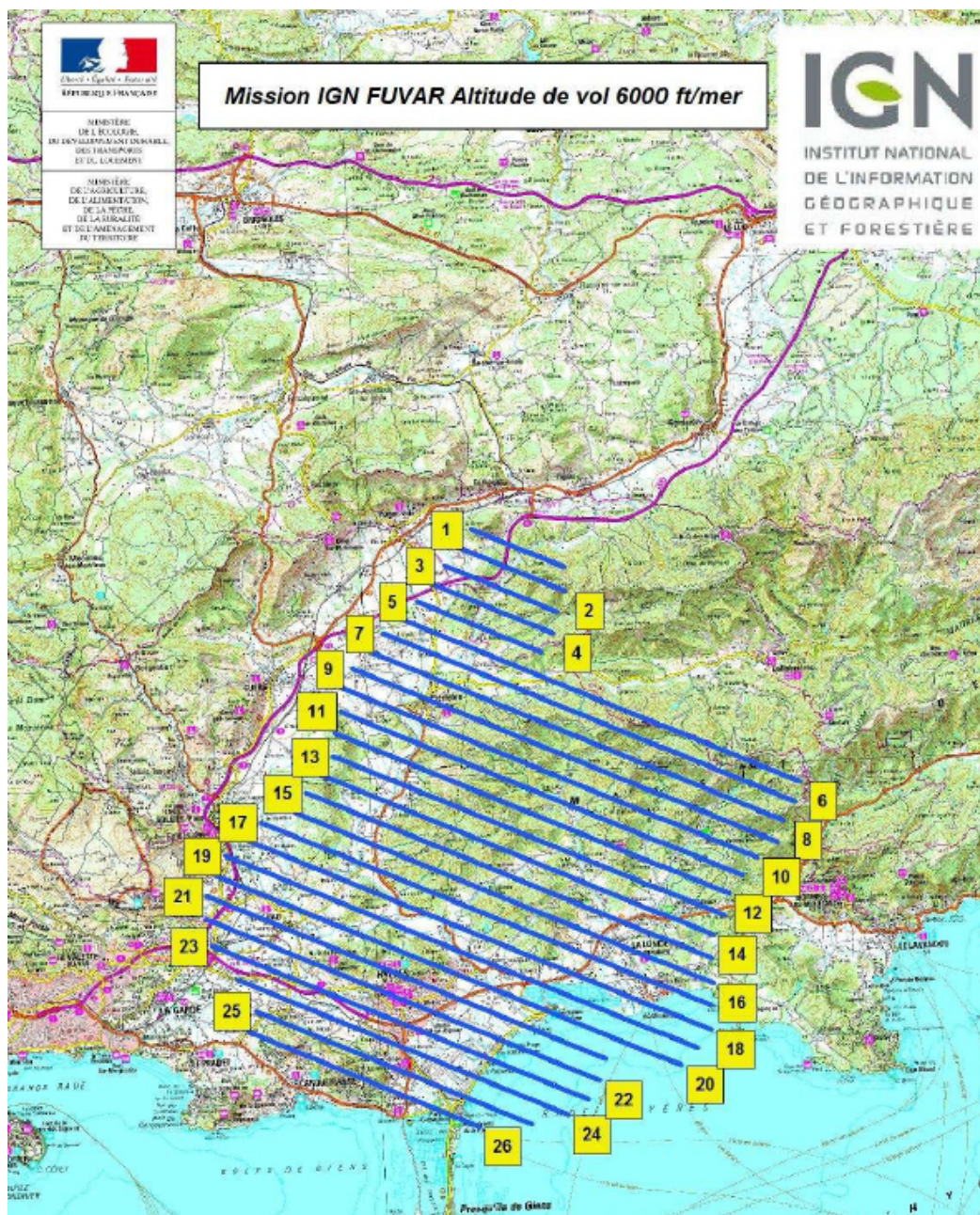
La livraison de l'IGN s'est faite, avec ou sans MNT selon les secteurs concernés, sous forme de dalles photos de 500mX500m (plus de 1500 dalles sur la mission « Gapeau et autres») et de dalles de 1kmX1km (plus de 250 dalles sur la mission « Argens »). Compte-tenu du nombre important de dalles, la fourniture d'un plan d'assemblage est primordial pour l'analyse des prises de vues.

Au final, l'exploitation de ces prises de vues ne s'est pas révélée aisée. En effet, la discrimination par l'infrarouge n'a pas été évidente et les traitements ultérieurs réalisés par l'IGN n'ont été concluants (Annexe 2). Ce type de prises de vues ne peut donc seul permettre la détermination de la zone inondée et doit être couplé à des relevés de terrain (PHE et laisses de crues) et à des modélisations.

#### **A retenir pour les prochaines missions de ce type**

- Essayer d'**anticiper en période de crise la réalisation de ce type de prises de vues**. Par exemple, il serait utile que, lors des survols de reconnaissance par la sécurité civile, des photos aériennes soient réalisées. Elles seront utiles pour la suite même si elles ne sont pas à ce stade couplées à du relevé LIDAR ;
- **Vérifier auprès de la sécurité civile si des prises de vues en période de crue n'ont pas été réalisées**, et si oui les récupérer ;
- Nécessité de **disposer d'un cahier des charges type** pour la réalisation de ce type de mission. Ce cahier des charges permettra notamment de clarifier l'objectif et l'utilisation finale de ces prises de vues et de préciser le type ainsi que le format des données et livrables attendus ;
- **Définition des lignes de vols à partir des premières remontées du terrain** quant aux zones impactées mais ne pas s'en tenir uniquement à ces informations et veiller à **croiser avec des données disponibles en terme de zones inondables**. Ne pas hésiter à étendre la zone de survol au delà des premières estimations/observations.
- **Disposer au niveau régional d'une liste de bureaux d'études et d'acteurs** (ex : IGN) à **consulter** pour réaliser ce type d'intervention
- Face à ce type de crues et décrues aussi rapides, il est **indispensable que ces vols aient lieu dans les quelques heures suivant l'événement** car les données seront ensuite peu exploitables. Il est dommage que la convention-cadre nationale n'ait pas permis un survol le jour même de l'événement ou au plus près du pic de crue.

- Veiller à la présence d'un accompagnateur connaissant le territoire pour la réalisation des prises de vues.
- **Utilisation des prises de vues réalisées en compléments des relevés de terrain pour la détermination des zones inondées. Ce travail nécessite une connaissance technique des phénomènes en jeu et du territoire concerné.**



*Illustration 2: axes de vols de la mission FUVAR*

*Source : Proposition IGN*

N.B: les axes 10 à 14 ont été prolongés jusqu'à la mer.



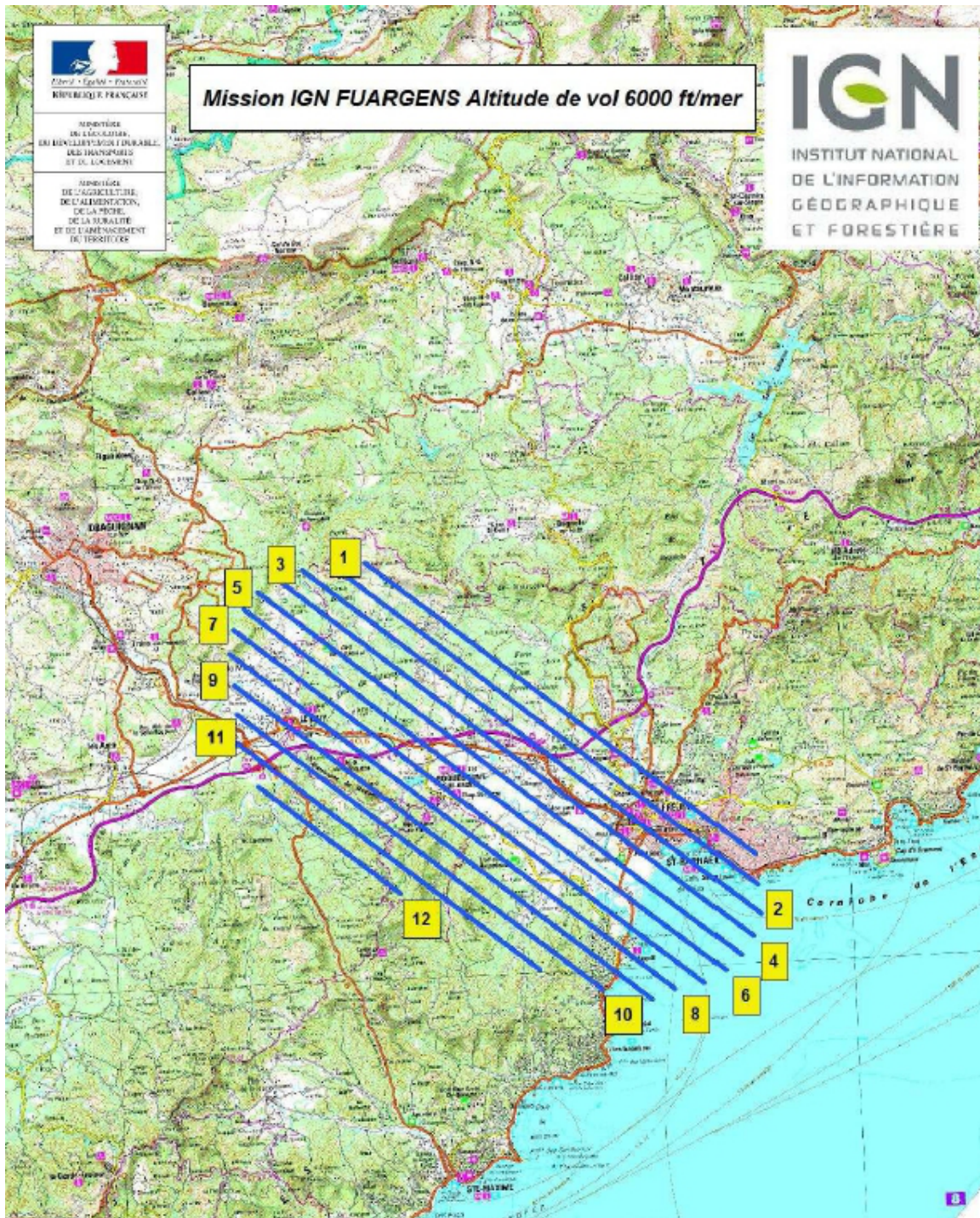


Illustration 3: axes de vols de la mission FUARGENS

Source : Proposition IGN

## 2.2 Observations de terrain

### 2.2.1 Visites de terrain

Suite à la crue, plusieurs équipes (Cerema / DDTM / DREAL PACA) se sont déplacées pour des visites de terrains en mission conjointe. Elles avaient pour objectif de réaliser un premier diagnostic de la situation, d'identifier les secteurs les plus touchés, et elles couvraient à la fois l'évaluation du phénomène hydraulique et les conséquences en termes de dommages.

Pour la visite de terrain du 21/01/14, trois équipes se sont déplacées mettant en commune les compétences des services de l'État, les communes et les bureaux d'études.

- Les communes de Le Luc, Flassans-sur-Issole et Les Arcs ont été observées par le Cerema DterMed, la DREAL PACA, la DDTM83, la commune du Luc et des Arcs .
- Pour la commune de la Londe-les-Maures en date du 21/01/2014, la DDTM83, la DREAL PACA et le Cerema DterMed.
- Pour les communes Puget-sur-Argens, Roquebrune-sur-Argens, Fréjus et le Muy lors de la visite de terrain du 21 janvier 2014, Cerema DterMed associé la DDTM83, DREAL PACA et les 4 communes.

Pour compléter ces visites, des équipes du Cerema DTerMed se sont déplacées :

- sur la Londe-les-Maures en date du 23/01/2014
- sur Bormes-les-Mimosas en date du 24 janvier 2014
- sur Pierrefeu et Hyères en date du 24 janvier 2014

Le choix de compléter les visites de terrain sur ces 4 communes a été guidé par les retours de terrain fait dans les premiers jours.

Chaque visite a fait l'objet d'un compte-rendu formel. Les comptes-rendus de ces visites sont disponibles en Annexe 3

### **A retenir pour les prochaines missions de ce type**

- **Se rendre rapidement sur le terrain.** Toutefois, il n'est pas nécessaire et souhaitable de se rendre sur la zone touchée en période de crise d'une part pour ne pas se mettre en danger et d'autre part pour ne pas gêner les opérations de secours et de gestion de crise. Par ailleurs, le lendemain de l'événement, la population est encore sous le choc et n'est pas forcément disposée à répondre aux sollicitations des équipes de terrain. L'expérience a montré que deux jours après l'événement, les relevés étaient encore possibles.
- **Préparer une mission de terrain globale.** La conduite d'une première mission de

terrain globale visant à disposer d'une vision d'ensemble est pertinente. Elle doit se faire en prenant l'attache des acteurs locaux. L'expérience montre que **l'accompagnement par les services techniques des communes a été très utile** et a permis une meilleure efficacité. La composition des équipes doit faire l'objet d'une réflexion préalable. Le nombre de personnes par équipe doit être limité et doit permettre d'**associer des acteurs techniques et des personnes connaissant le terrain**. Il en est de même pour la définition de la zone observée afin d'éviter les redondances et de couvrir largement et rapidement le territoire impacté. Les premières reconnaissances en période de crise, réalisées notamment par la sécurité civile, mais également les contacts préalables avec les référents territoriaux (DDTM, CG, communes, syndicats...) doivent également aider à l'identification de secteurs spécifiques particulièrement impactés qui nécessiteront une attention plus particulière. Lors de ces missions, les prises de vues doivent être localisées pour faciliter l'exploitation ultérieure.

- A noter que **le temps nécessaire à ces missions ne doit pas être sous-estimé**, notamment du fait des échanges et discussions avec les populations et les acteurs locaux.
- **Organiser des missions complémentaires ciblées sur ces thématiques et des zones spécifiques** en fonction des retours de la mission globale et des acteurs locaux.

## 2.2.2 Analyse des niveaux relevés aux stations hydrométriques du Gapeau

Une des équipes du CEREMA a accompagné le 23 janvier l'Unité Hydrométrie de la DREAL PACA pour une visite de terrain des stations du Gapeau.

Cette mission avait pour objet de s'assurer que hauteurs maximales mesurées au niveau des stations correspondaient aux hauteurs réellement atteintes, d'observer les débordements et contournements aux abords de ces stations et éventuellement de relever des laisses de crues.

Les principales observations de cette visite sont les suivantes :

Les 3 stations du bassin versant du Gapeau gérées par la DREAL PACA ont fonctionné sans discontinuité au cours de l'épisode de crue et les niveaux mesurés aux stations sont cohérents avec les laisses de crues relevées sur place au voisinage des stations.

Le Gapeau amont (station de Sollies Pont) a connu une crue modérée (dont le pic a été atteint le 18 janvier). C'est l'affluent oriental du Gapeau, le Réal Martin qui a connu une crue plus exceptionnelle et a contribué principalement l'inondation du Gapeau à Hyères le 19 janvier.

On notera que l'estimation du débit du Réal Martin à partir de la courbe de tarage à la station de la Crau est délicate du fait des importants débordements au niveau de la station (limite de validité de la courbe de tarage).

De même la station d'Hyères est contournée (déversoir de crue de Plan du Pont en amont) à partir d'un certain niveau de crue.

On trouvera un rapport de visite détaillé en Annexe 4.



### 2.2.3 Relevé des PHE et laisses de crue

Suite à l'événement vécu, l'objectif était de réaliser des relevés de terrain des PHE et laisses de crues afin d'aider à la définition de la zone inondée et à la caractérisation de l'événement. Préalablement à la première mission de terrain, les services de l'État (DREAL PACA et DDTM 83) avaient pris des contacts avec certains acteurs locaux pour veiller à la complémentarité des relevés réalisés par les divers organismes et entités mobilisés (DREAL PACA, DDTM83, CG83, Communes, SPC MedEst, RGMA, Cerema, Safege...) dans la gestion posts-événement.

Du fait de ces relevés multiples, il était essentiel qu'un acteur se charge de centraliser et de capitaliser les observations réalisées. Par ailleurs, pour le relevé des PHE, il était souhaitable que le même format soit utilisé par tous. Ainsi, la DREAL PACA et la DDTM 83 ont mandaté le Cerema pour diffuser un modèle unique de fiche de relevé de PHE aux acteurs impliqués et pour recueillir et exploiter l'ensemble des données recueillies.

Tous les organismes ont produits des fiches des PHE (exemple Annexe 5). Au total, 399 fiches de PHE ont été produites.

Certaines PHE ont été nivelées (le nivellement est essentiel pour caractériser *in fine* l'événement). Sur 250 fiches qui ont fait l'objet d'un marché (Annexe 6) lancé par la DDTM83 et 249 ont pu être nivelées. Le cabinet Arragon a fourni la géolocalisation (X, Y et Z) des niveaux d'eau atteints sur les 249 points repérés par levés GPS (Annexe 7). Parmi celles-ci, 20 PHE ont été nivelées au bénéfice de l'étude de Safege (mai 2014) dans le cadre du PAPI.

L'illustration 4 montre l'ensemble des 398 PHE sur le territoire d'étude. Le bureau d'études Safege (mai 2014) a produit 168 PHE sur le bassin versant de l'Argens alors que le Cerema (utilisant les informations de la DDTM83, du SPC MedEst, des communes, ...) a produit 230 PHE.

La DREAL PACA a souhaité capitaliser les informations dans une base de données régionale. Les services de la DREAL PACA avait mis en place une base de données « Géorepères » jusqu'en 2009. Cette base de données au format peu flexible n'a pas été mise à jour depuis 2009. Compte tenu que des travaux sont en cours au niveau national sur la capitalisation des repères de crues, la DREAL PACA a préféré mettre en place un fichier sous la forme d'un tableur Excel et a décidé de mettre l'ensemble de ces fiches sous la forme d'une base de données dont les informations et les champs étaient clairement identifiés (Annexe 8). Cette base a vocation à remplacer la base de données « Géorepères » précitée et à être en accès libre sur internet.

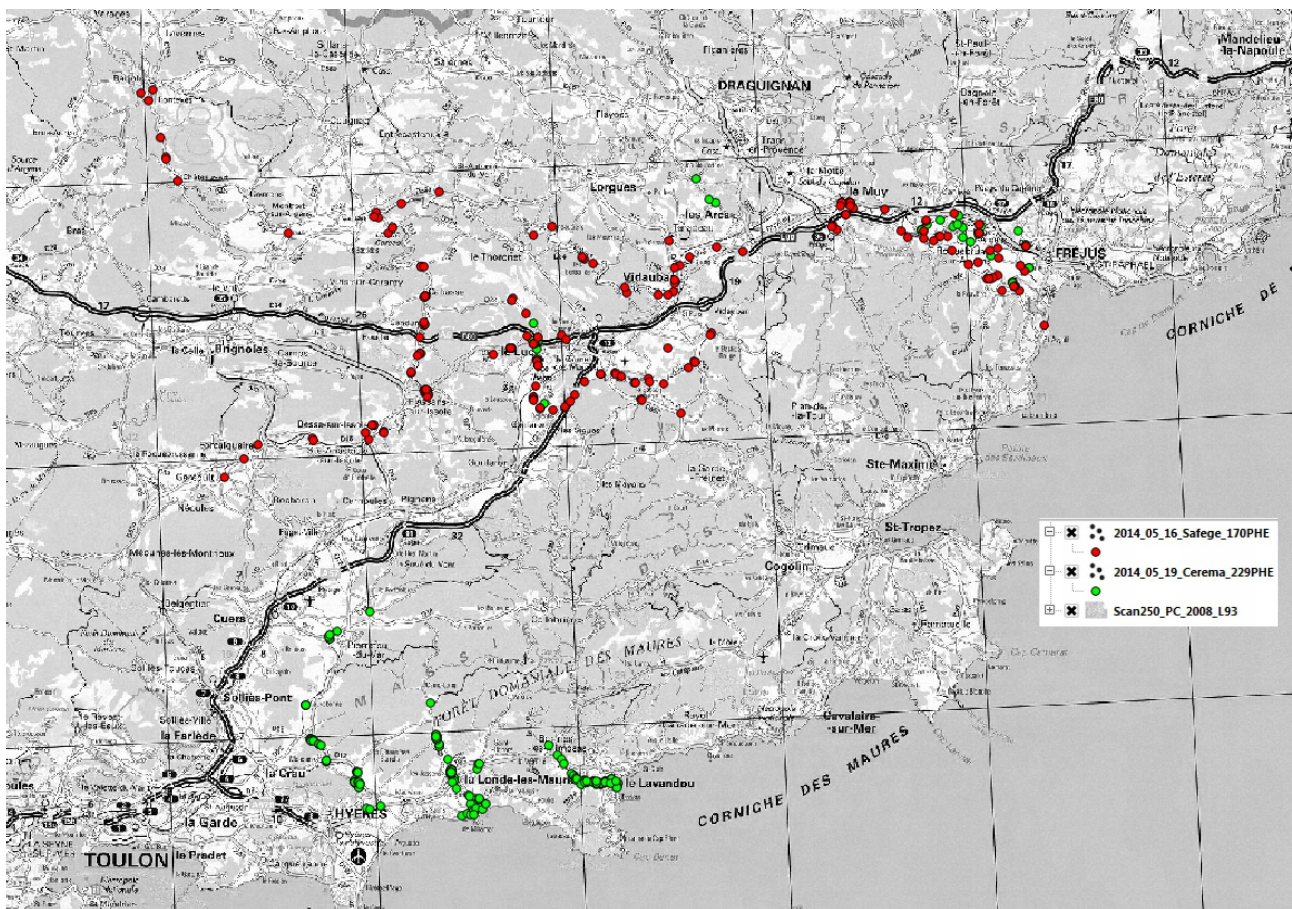


Illustration 4: Localisation des 398 PHE

Source : Auteurs (à partir des données Cerema et Safege)

### A retenir pour les prochaines missions de ce type

- **Mettre à disposition au niveau régional un format unique de fiche de relevé de PHE ainsi que d'un cahier des charges pour la réalisation des PHE et leur nivellement.**
- **Réfléchir au préalable**, et réactualiser si besoin en fonction des remontées de terrain, **les zones de relevés de PHE.**
- Accompagner le relevé de terrain des PHE par **une formation rapide des acteurs impliqués pour garantir la fiabilité et la pertinence des relevés réalisés.**
- Veiller le plus possible à une **logique amont-aval pour le relever des PHE.**
- **Lorsque de PHE ont été relevées lors d'événements passés, il est intéressant de relever au même endroit afin de comparer les événements.**
- Veiller à la mutualisation de l'ensemble des relevés de terrain réalisés au sein d'une base de données régionale en accès libre sur internet.

## 2.2.4 Reportages photos géo-référencées sur les secteurs touchés

Lors des visites de terrain, près de 1000 photographies géolocalisées mettant en évidence les secteurs les plus touchés ont été réalisés. À l'aide du logiciel Q-Gis, un fichier « RexDepVar2014\_Photo\_Georef.shp » avec un lien permettant d'ouvrir chaque photographie a été produit (Illustration 5). Ce fichier comporte 8 attributs, à savoir :

Filename	Nom de la photographie
X_L93_cam	Coordonnée X fourni par l'appareil photo en Lambert93
X_L93_cam	Coordonnée Y fourni par l'appareil photo en Lambert93
Date	Date
Time	Heure
Cerema ou DREAL PACA	Auteurs
1/10000	Échelle de validité
Lien	Lien des photos

*Tableau 1: Attributs des photographies géoréférencées*

*Source : Auteurs*



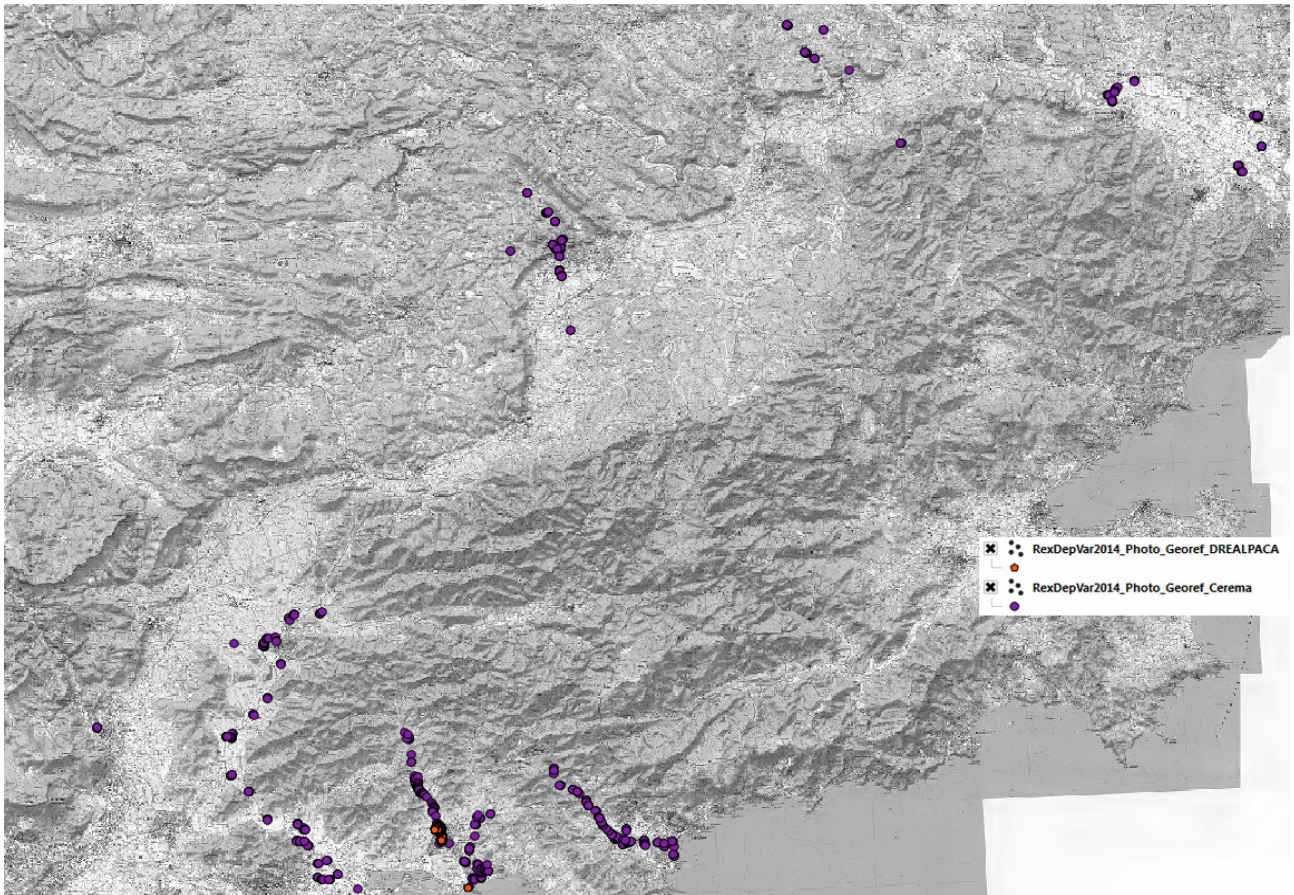


Illustration 5: Localisation des 937 photographies

Source : Auteurs

### **A retenir pour les prochaines missions de ce type**

- Si la **réalisation de photographies est essentielle** pour garder la mémoire de l'événement et de ses conséquences, il est indispensable de **limiter leur nombre au strict nécessaire** en ayant réfléchi au préalable à l'utilisation in fine de ces photos et à la signification / représentativité des prises de vues réalisées.
- **Localiser et commenter les photos réalisées.**
- **La réalisation d'un reportage photos synthétique et commenté, représentatif de l'événement et de ses conséquences, est conseillé.**

## 2.2.5 La zone inondée de janvier 2014

### 2.2.5.1 Zone inondée délimitée par les services techniques des communes

Dans le cadre des contacts pris avec les services des communes, le Cerema DTerMed a pu récupérer des données au format numérique (SIG ou pdf) des zones inondées relevées par les communes, sans connaître les méthodes de relevés.

Ces zones inondées ont été produites rapidement après les inondations et doivent faire l'objet d'une validation et d'une consolidation.

Les communes de La Londe-les-Maures, Hyères et Bormes-les-Mimosas nous ont donné cette information. Nous avons étudié ces zones inondées en les comparant aux PHE et aux données de terrain des différentes visites.

Des écarts avec les observations de terrain ont été mises en évidence comme sur le cours d'eau du Batailler sur la commune de Bormes-les-Mimosas, par exemple.



Illustration 6: Écart entre les PHE et la zone inondée de la commune

Source : Auteurs

Sur l'illustration 6, la visite de terrain a permis de relever plusieurs PHE. Les PHE BAT\_08 et BAT\_45 sur la rive droite du Batailler montre que la zone inondée fournie par la commune (limite verte) ne coïncide pas avec l'enveloppe de la zone inondée lors du 19 janvier 2014 définie par le Cerema (limite bleu turquoise).



### **2.2.5.2 Zone inondée de synthèse**

La zone inondée lors de la crue de janvier 2014 a été produite, à dire d'expert, à partir de la synthèse de toutes les données disponibles à savoir :

- Zone inondée des communes
- Fiche des Plus Hautes Eaux (PHE)
- Photographies géoréférencées
- MNT Lidar au pas de 1m de la base RGEALTI de mai 2013 de l'IGN
- MNT au pas de 5m issu de la prise de vue de l'IGN du 21 janvier 2014.

L'interprétation de tous ces éléments a permis de mettre en place des limites de la zone inondée interprétée.

Un champ d'interprétation a été qualifié avec trois niveaux d'interprétation

1. Fiabilité certaine et juste
2. Fiabilité incertaine et dépendante des choix
3. fiabilité trop incertaine

Ce champ « fiabilité » est identifié dans le fichier « zone\_inondee\_Bormes\_Cerema\_lignes.shp » par exemple. Enfin, la fusion de toutes ces limites a permis de mettre en place un polygone (fichier « zone\_inondee\_Bormes\_Cerema\_poly.shp ») qualifiant la zone inondée de janvier 2014.

Afin d'illustrer la méthode, nous pouvons montrer sur l'illustration 7, des vignes qui sont couchées sur la rive droite du cours d'eau. Ceci permet de qualifier « à dire d'expert » une limite de la zone inondée (trait violet).

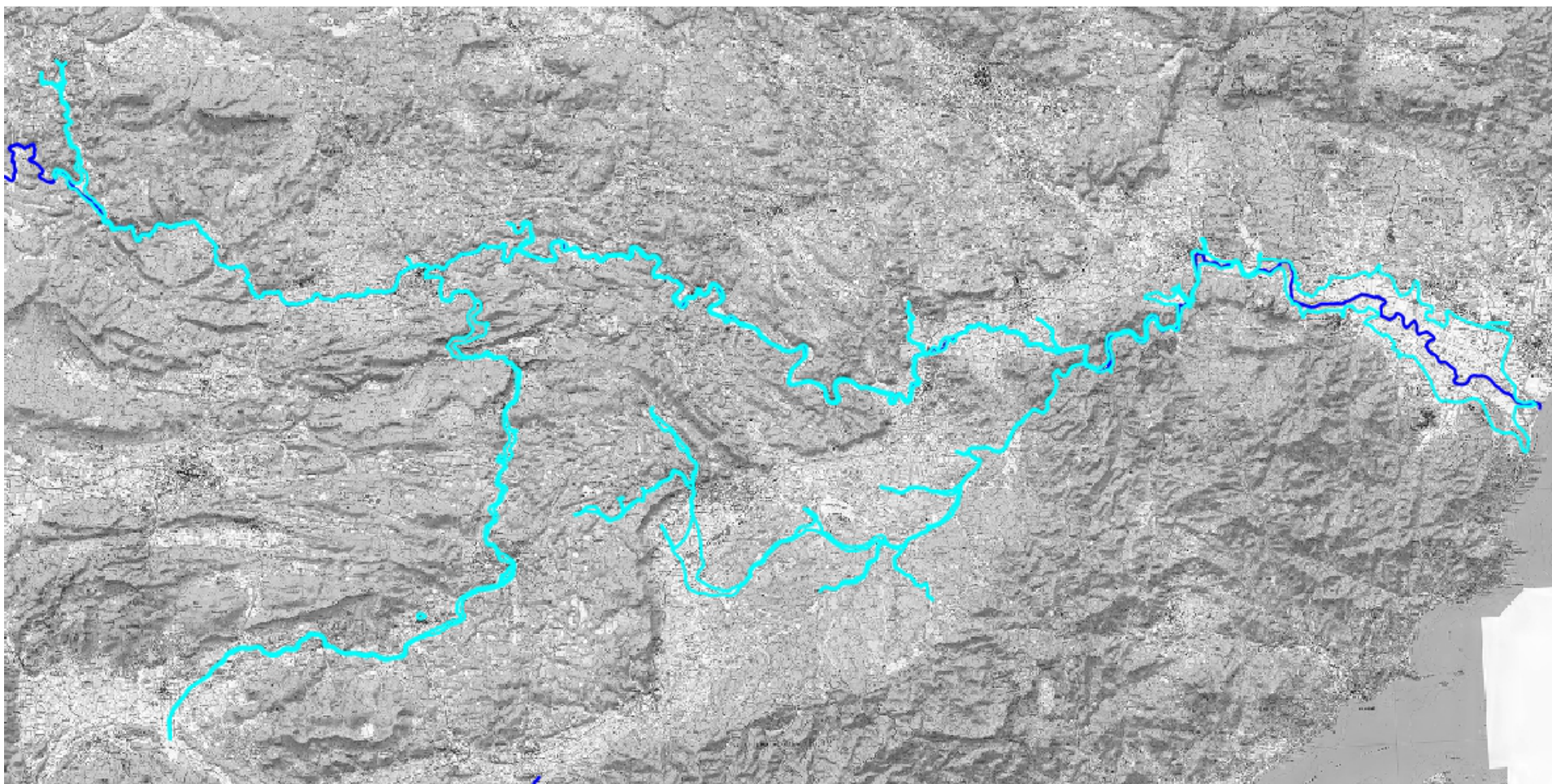


*Illustration 7: Vignes couchées suite à la crue*

*Source : Auteurs*

Les Illustration 8, Illustration 9, Illustration 10 et Illustration 11 montrent le résultat de cette synthèse.





*Illustration 8: Zone inondée de l'Argens*

*Source : Auteurs à partir des données de Safeg (mai 2014)*



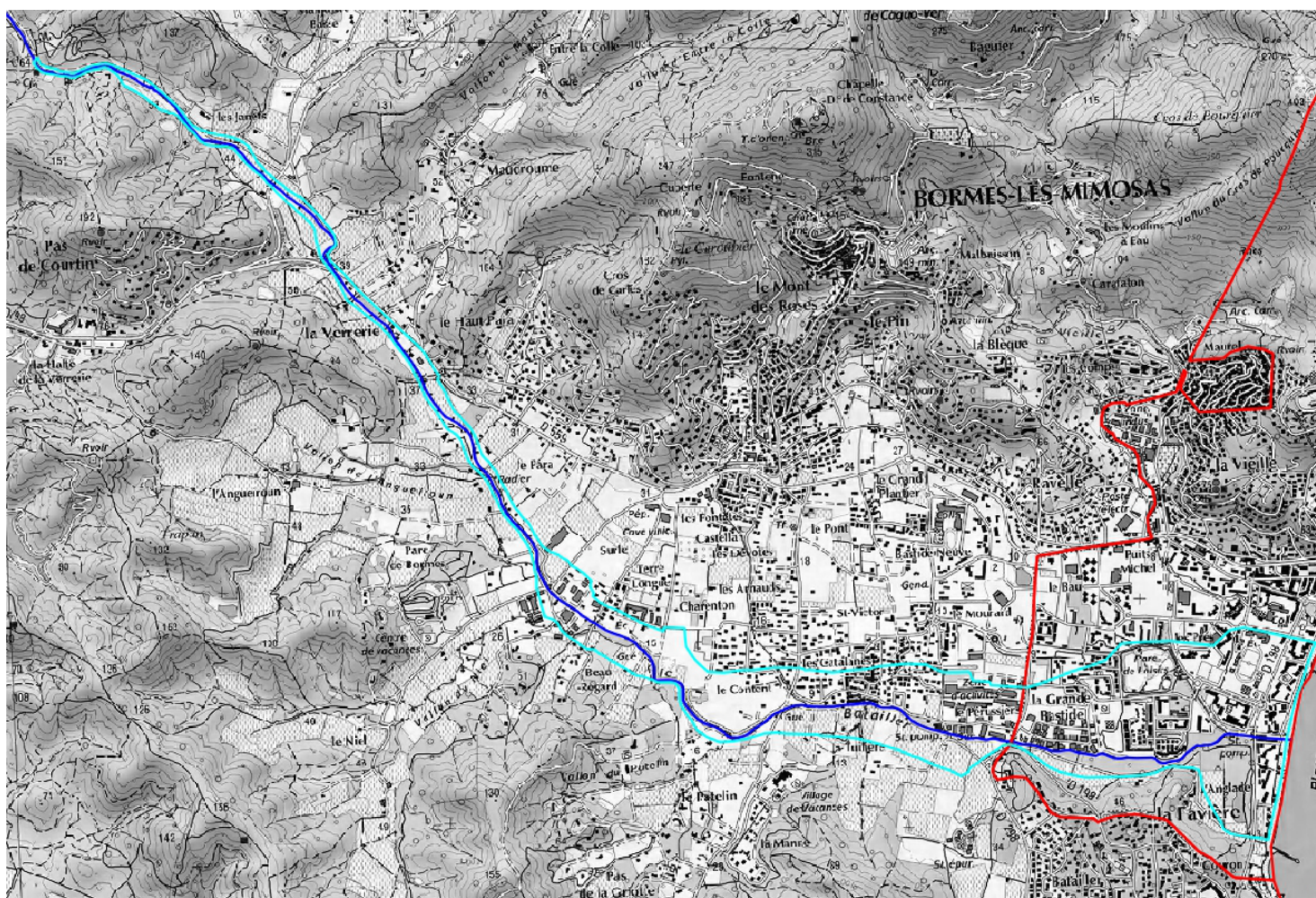
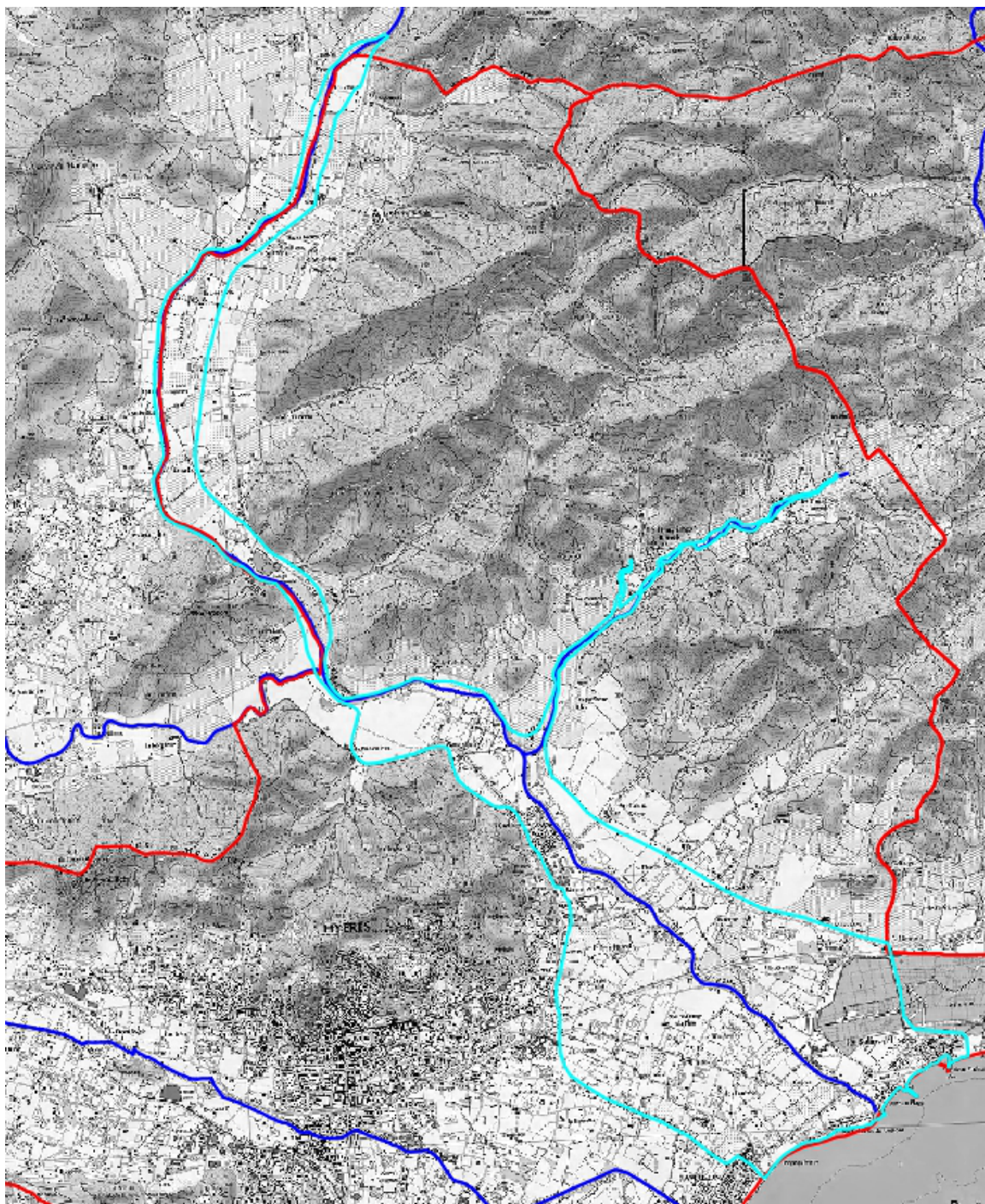


Illustration 9: Zone inondée de Bormes-les-Mimosas et le Lavandou

Source : Auteurs

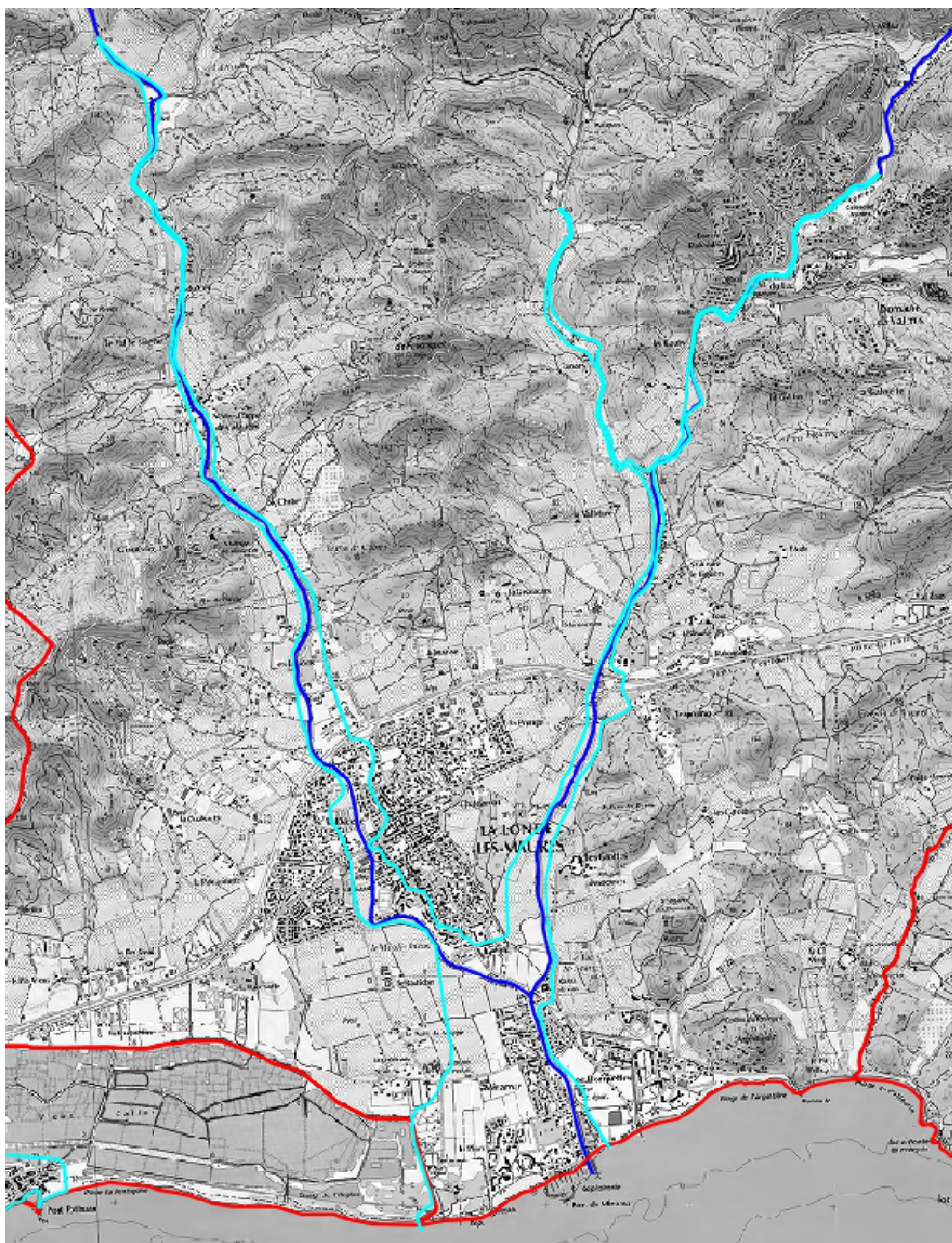




*Illustration 10: Zone inondée de Hyères*

*Source : Auteurs*





*Illustration 11: Zone inondée de la Londe-les-Maures*

*Source : Auteurs*



## 2.3 Caractérisation hydrologique de l'événement

### 2.3.1 Pluviométrie

#### 2.3.1.1 Cumul de pluie du 16 au 19 janvier 2014

L'épisode pluvieux intense qui a touché une grande partie de la région méditerranéenne s'est étalé sur 4 jours du 16 au 19 janvier.

Les départements du Var et des Alpes Maritimes ont été les plus touchés par ces pluies durables, parfois intenses et orageuses.

L'illustration 12 montre la carte de ce cumul sur 4 jours issue du site Internet Météo-France.

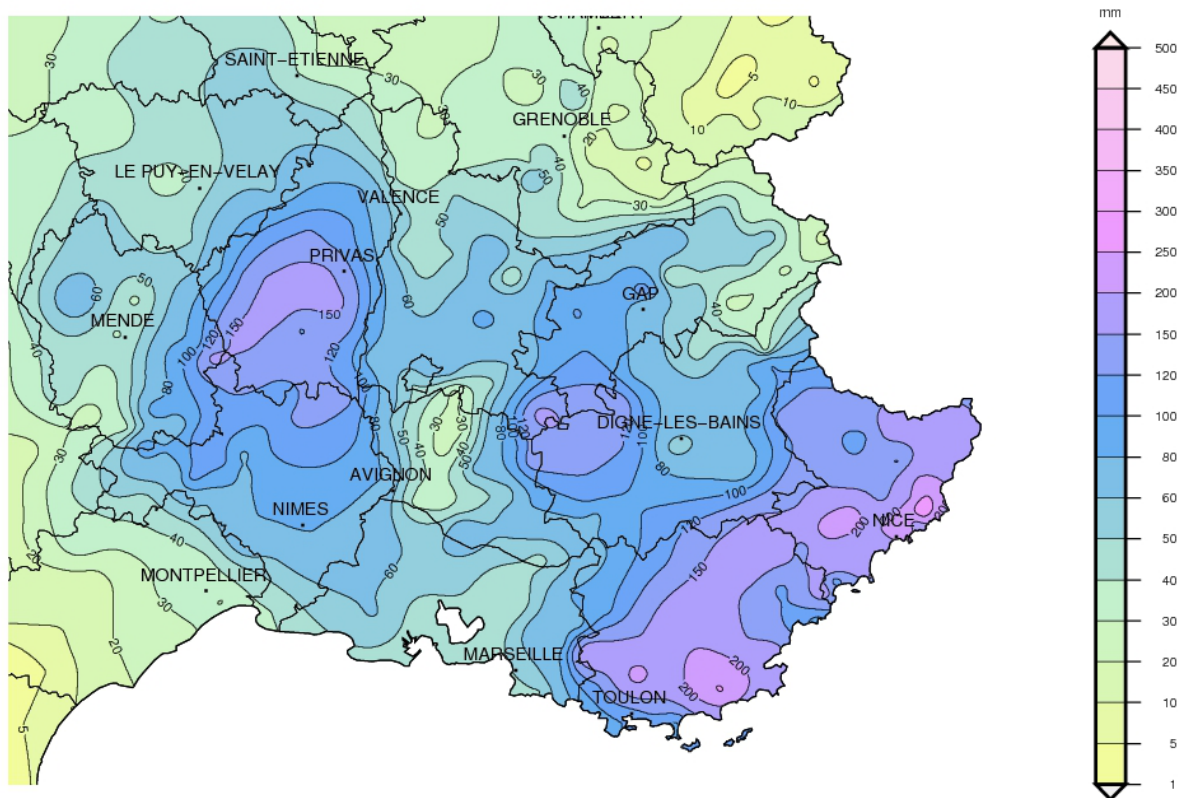


Illustration 12: Cumul pluviométrique sur 4 jours du 16 au 19 janvier 2014

Source : Météo France – site Internet

**Les cumuls de pluie durant ces quatre jours sont importants** (représentant parfois l'équivalent d'un à deux mois de précipitations), **mais pas exceptionnels** : sur le département du Var ces cumuls atteignent **200 à 250 mm sur la région de La Londe-les-Maures** soit à peine plus de **la moitié des cumuls atteints le 16 juin 2010** (Illustration 58 du Cumuls des pluies en juin 2010).

### 2.3.1.2 Dynamique et qualification de l'événement pluviométrique les 18 et 19 janvier 2014

Les données de ce chapitre sont issues de deux rapports Météo-France<sup>1</sup>.

Durant la journée du samedi 18 janvier l'ensemble du département du Var est touché par des pluies modérées. De 40 à 70 mm tombent en moyenne sur l'ensemble du département.

Après une relative accalmie dans la nuit de samedi à dimanche, une reprise de l'activité précipitante a lieu en seconde partie de nuit de samedi à dimanche et se poursuit toute la journée de dimanche. L'illustration 13 montre le cumul sur 2 jours.

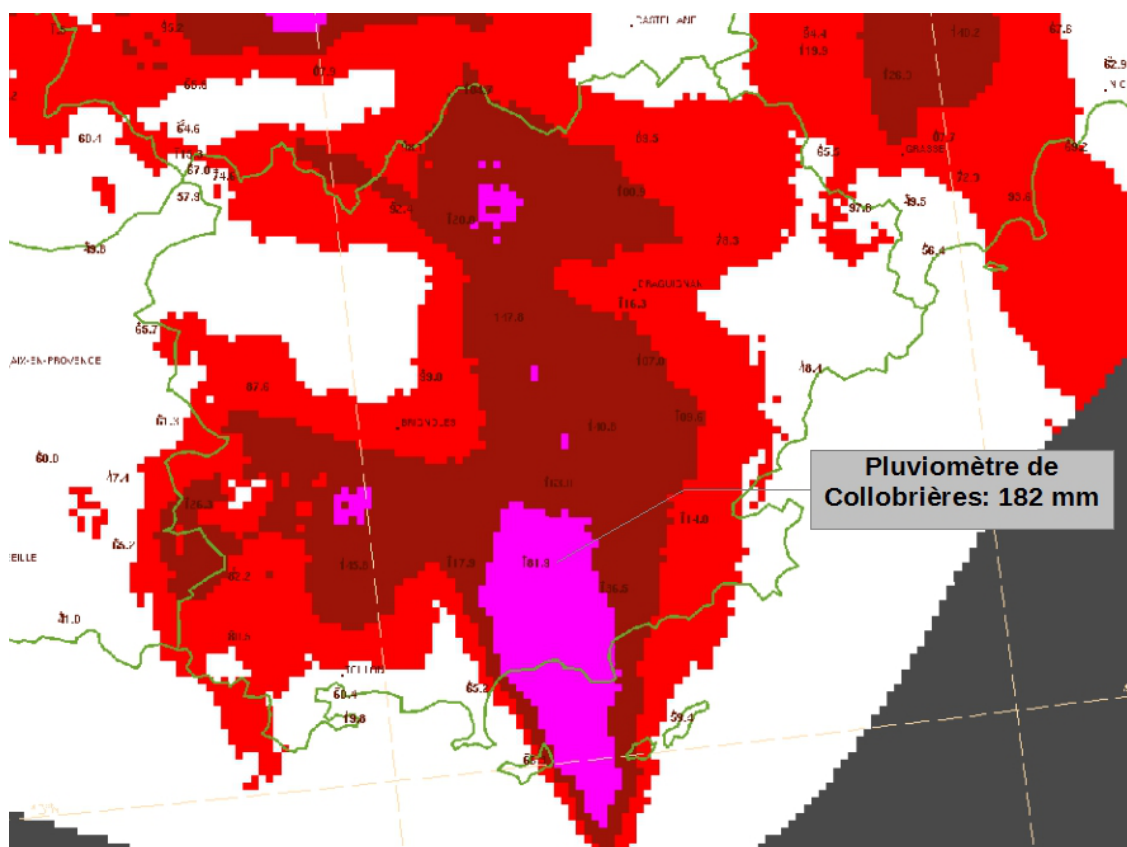


Illustration 13: Cumuls de pluie en 48 h (samedi 18 à 7h au lundi 20 à 7h)

Source : Météo France

Le dimanche, un système orageux stationnaire très intense s'organise selon un axe Sud/Nord allant de La Londe-les-Maures à Entrecasteaux. Celui-ci se maintient pendant environ 6 heures ; les précipitations les plus violentes étant observées entre 7 et 11 heures du matin.

Selon Météo France, il est très probable que des cumuls supérieurs à 200 mm aient été atteints ou dépassés dans cette zone.

À l'épicentre, les intensités horaires de pluies sont remarquables, compte tenu de la saison : 30 à 50 mm/h voire davantage.

<sup>1</sup> Rapport APIC Météo France/DIRSE du 20/01/2014 et Rapport SPC Med Est Météo France Crue-Inondations version du 28/01/2014

Le pluviomètre Météo France de Collobrières située sur l'axe de plus forte activité non loin de l'épicentre (Illustration 13) donnent une bonne idée de l'amplitude de l'événement.

Pour ce pluviomètre on a enregistré :

- près de **182 mm sur 2 jours** (du samedi 18/01/2014 à 7 heures au lundi 20/01/2014 à 7 heures) soit une valeur **supérieure à la valeur décennale**,
- **108 mm en 6 heures** ce qui correspond à une **période de retour de l'ordre de 20 ans** (source Météo France).

Nota : Il existe une station pluviométrique automatique à La Londe-les-Maures. Cette station est gérée par le CIRAME. Le cumul en 6h au niveau de cette station atteindrait 190 mm correspondant à une période de retour très supérieure à 100 ans selon les statistiques SHYREG-pluie établies par l'IRSTEA (2010).

Il subsiste des interrogations sur le bon fonctionnement de ce pluviomètre pendant l'épisode.

### **2.3.2 Caractérisation hydrologique de l'événement sur les bassins du Gapeau, de l'Argens et les petits côtiers**

Les précipitations ont provoqué la crues de plusieurs cours d'eau, en particulier :

- le Gapeau (crue provoquée par son affluent oriental le Réal Martin)
- l'Argens
- les petits côtiers entre La Londe-les-Maures et le Lavandou : le Maravenne (et son affluent rive droite le Pansard) et le Batailler.

On notera que ces fortes précipitations sont intervenues dans un **contexte de sols déjà saturés** (Illustration 14) **aggravant les réactions hydrologiques** de tous les bassins concernés.



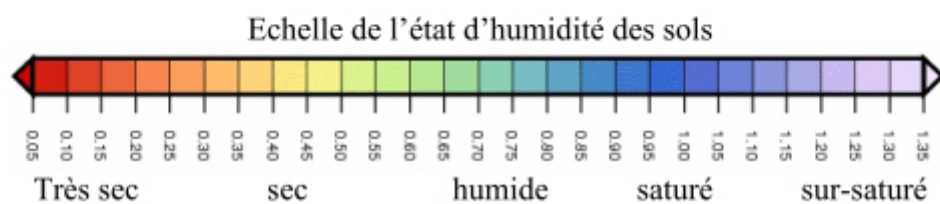
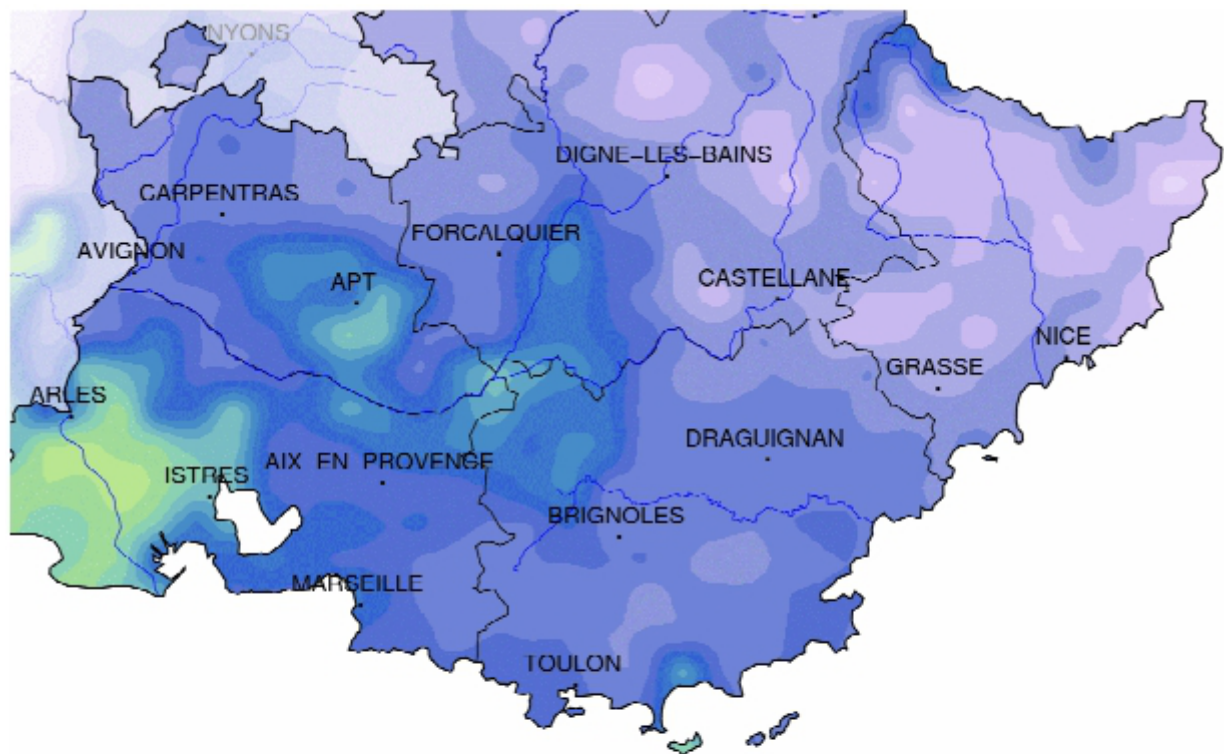


Illustration 14: Indice d'humidité des sols le 15 janvier 2014

Source : Météo France

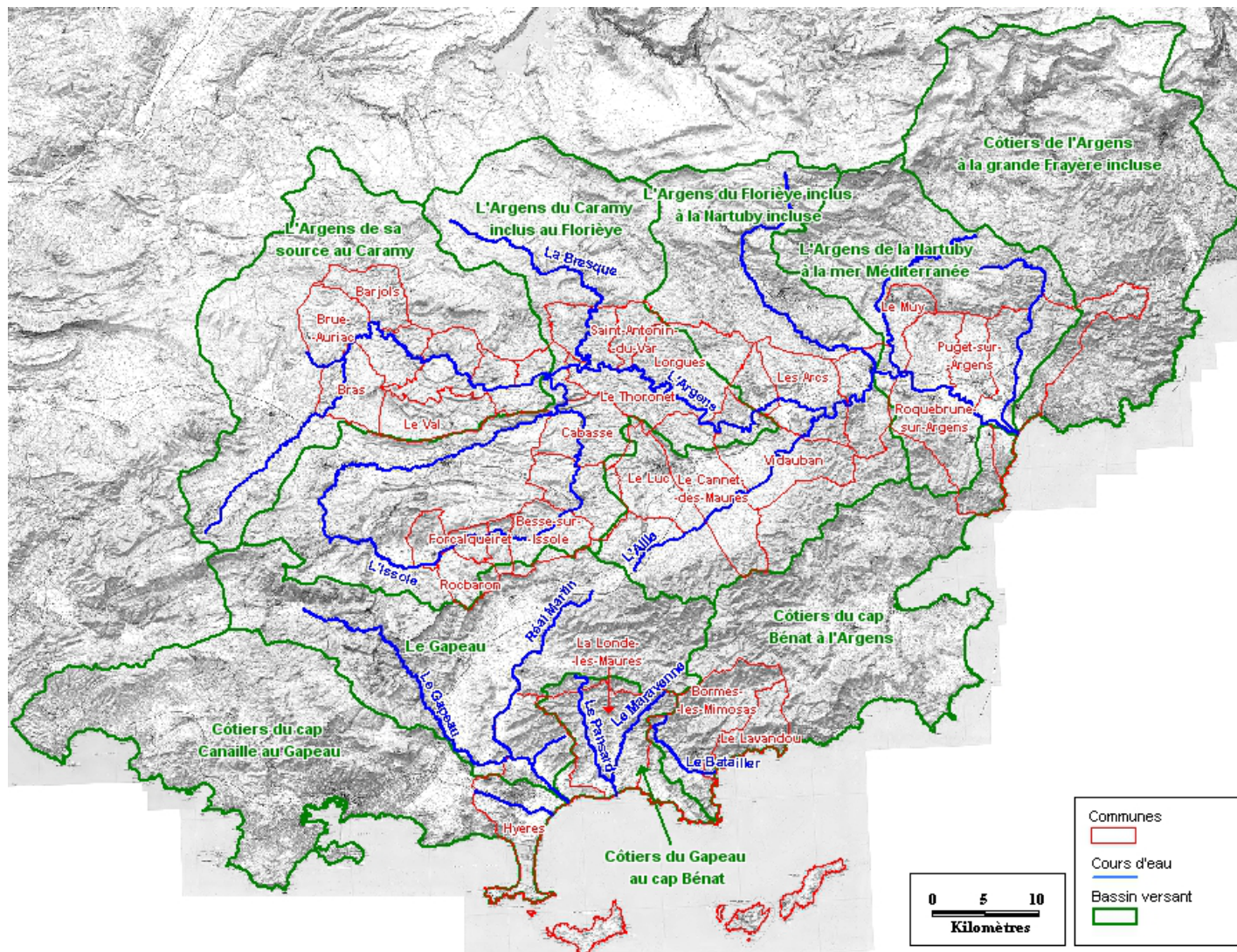


Illustration 15: Principaux cours d'eau et bassins versants concernés

Source : Auteurs



### 2.3.2.1 Bassin versant du Gapeau

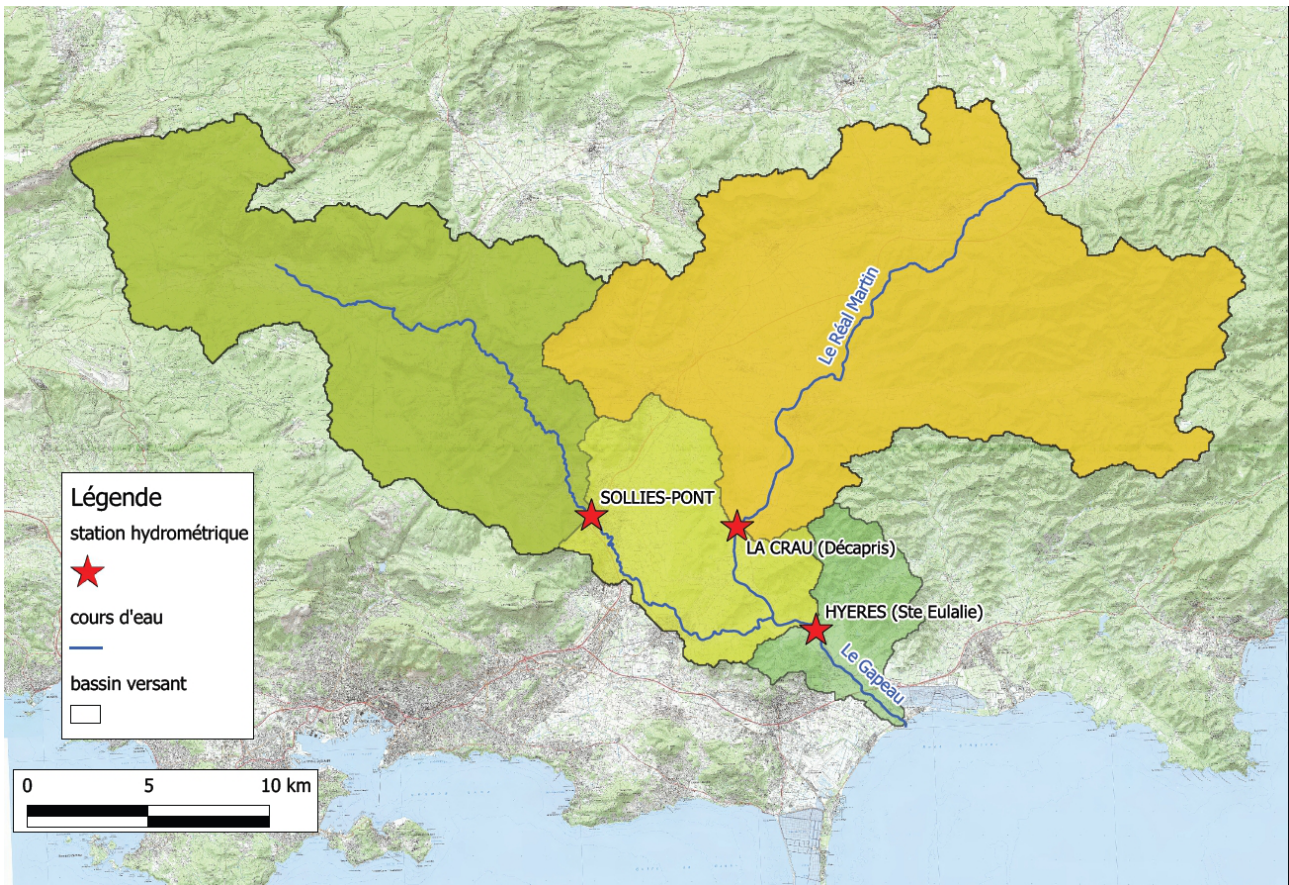


Illustration 16: le bassin versant du Gapeau et ses stations hydrométriques

Source : Auteurs

L'illustration 17 présente le hyétogramme de la pluie de bassin horaire pour le bassin du Gapeau au niveau de la station d'Hyères - Sainte Eulalie et les hydrogrammes de crue calculés au niveau des trois stations hydrométriques.



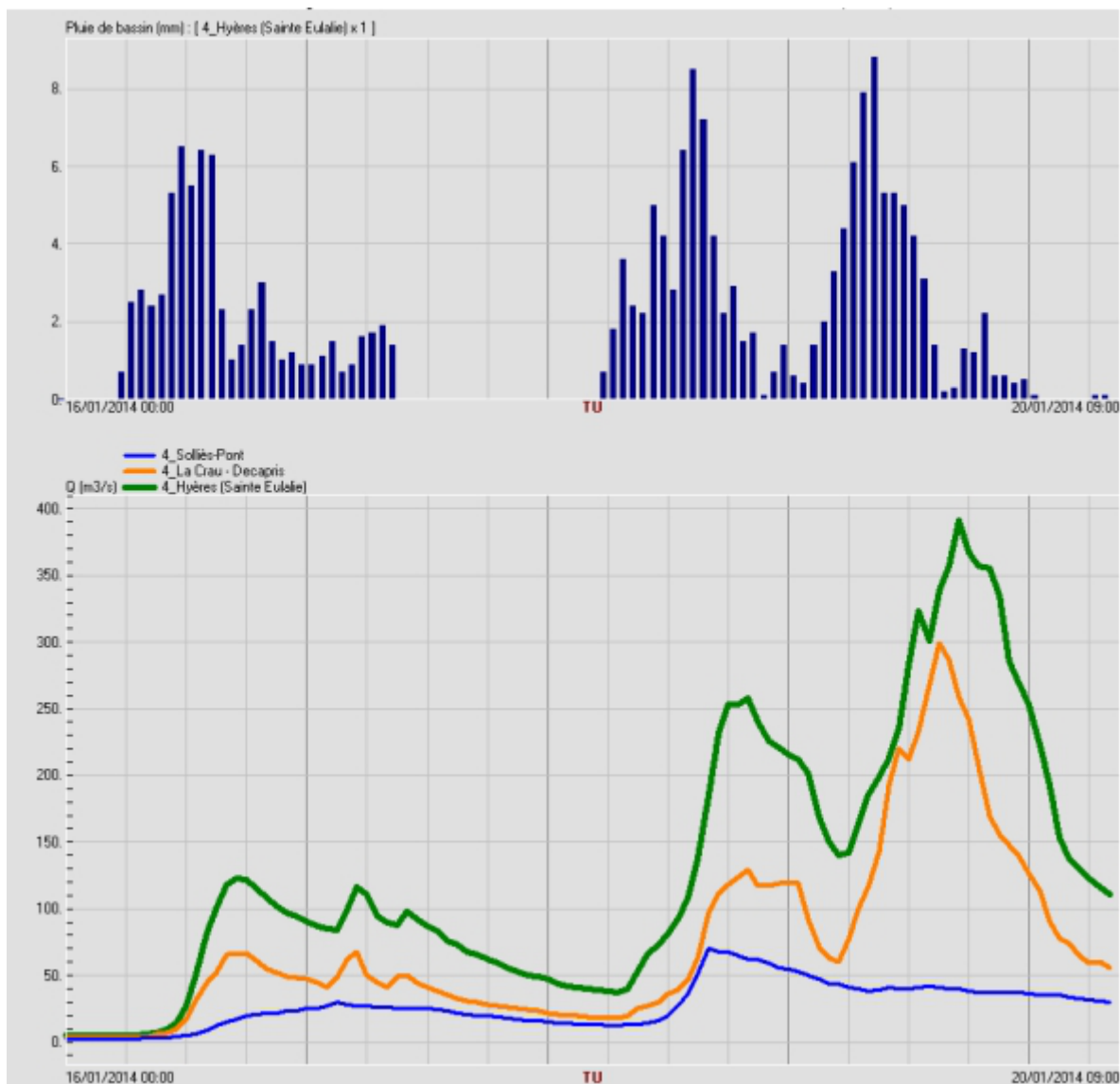


Illustration 17: Pluie de bassin du Gapeau et hydrogrammes de crue des trois stations

Source : SPC Med Est Météo-France

Le pic de crue le plus important a eu lieu 19 janvier et est provoqué principalement par le Réal Martin.

Le Tableau 2 présente la valeur de hauteur maximale mesurée à la valeur de débit de pointe calculée correspondante ainsi que les débits statistiques issus de la Banque Hydro.

Station	Hauteur maximale atteinte	QIX (m <sup>3</sup> /s)	Q2 (m <sup>3</sup> /s)	Q10 (m <sup>3</sup> /s)	Q50 (m <sup>3</sup> /s)	Période de retour estimée
Le Gapeau à Hyères Y4624010 (54 ans de données)	3m01	480 *	150	300	430	50 ans
Le Réal Martin à La Crau Y4615020 (50 ans de données)	4m24	299 **	88	180	250	>50 ans
Le Gapeau à Sollies-Pont Y4604020 (46 ans de données)	2m44 (le 18/01)	73 (le 18/01)	46	92	130	5 ans

Tableau 2: Hauteur maximale et débit de pointe

Source : Auteurs

\* Ce débit ne prend pas en compte les débordements qui contournent la station au niveau du déversoir de crue de Plan du Pont. Le débit total du Gapeau à Hyères est probablement supérieur à cette valeur. Par ailleurs le niveau atteint au seuil de Ste Eulalie (3m01) est le plus haut atteint, il dépasse légèrement celui de la crue du 28 décembre 1972 (3m00) pour laquelle un débit de 578 m<sup>3</sup>/s est indiqué dans la Banque Hydro.

\*\* Cette estimation du débit à la Crau est incertaine étant donné les importants débordements au niveau de la station (la courbe de tarage est en limite de validité).

Les **débits de pointe** estimés dans la Banque Hydro pour le Gapeau à Hyères et le Réal Martin correspondent à un événement de **période de retour supérieure à 50 ans**.

(Le débit de pointe du Gapeau amont à Sollies-Pont enregistré le 18/01 correspond à une crue fréquente de période de retour 5 ans).

Nota :

L'IRSTEA possède des stations expérimentales sur le Réal Collobrier (affluent du Réal Martin). Le niveau atteint à la station de Pierrefeu du Var - Pont de Fer sur le Réal Collobrier est le plus fort connu depuis 50 ans, la crue dépasse celle de novembre 2011 dont la période de retour avait été estimée (par l'IRSTEA) à 50 ans. Il serait intéressant de disposer du retour d'expérience de l'IRSTEA sur les données acquises via l'instrumentation précitée.

### 2.3.2.2 Bassins versants côtiers : Maravenne, Pansard et Batailler

Les petits bassins versants côtiers du Maravenne (et son affluent le Pansard) et du Batailler ont été particulièrement impactés par cet événement.

Ces bassins versants ne sont pas instrumentés : en l'absence de station hydrométrique, une estimation du débit de pointe sera réalisée par une approche hydrologique simple (méthode rationnelle).

Le croisement des résultats de différentes méthodes (méthode des vitesses, formules

empiriques de Passini, Ventura...) nous conduit à tester pour ces trois bassins versants des temps de concentration  $t_c$  compris entre 2 et 4h (Tableau 3) correspondant à des vitesses moyennes d'écoulement de l'ordre d'1m/s.

	BV Maravenne confluence avec le Pansard	BV Pansard confluence avec le Maravenne	BV Batailler exutoire
Surface (km <sup>2</sup> )	33,4	42,9	24,7
Longueur (km)	10,9	14	10,8
Pente pondérée (m/m)	0,017	0,012	0,013
<b>Tc</b>	<b>2 – 4 heures</b>	<b>2 – 4 heures</b>	<b>2 – 4 heures</b>

*Tableau 3: Temps de concentration des bassins versants*

*Source : Auteurs*

#### a) Calcul des pluies de bassin

Les pluies de bassin ont été calculées à partir de la lame d'eau radar Météo-France disponible sur ces secteurs.

Nota : On a systématiquement comparé les pluies de bassins obtenues à partir des lames d'eau radar Antilope temps-réel et Panthère de Météo France (disponibles à partir de l'application LAMEDO du SCHAPI).

On constate un écart de 20 à 30 % sur l'estimation des cumuls journaliers entre Panthère et Antilope.

La lame d'eau Antilope temps-réel est réputée plus fiable que la lame d'eau Panthère, car elle intègre à la fois les réflectivités radar (pour la partie convective des précipitations) et les valeurs des pluviomètres au sol (pour la partie stratiforme); cependant cette lame d'eau n'est disponible qu'au pas de temps horaire, alors que la lame d'eau Panthère peut être obtenue au pas de temps 5mn.

Aussi, les cumuls réalisés à un pas de temps infra horaire utilisent les résultats de la lame d'eau Panthère pour la journée du 19 en les corrigeant. Le facteur de correction appliqué correspond au ratio entre le cumul 24h Antilope et Panthère.

On trouvera ci-dessous les hyétogramme des pluies de bassin utilisées pour le Maravenne (Illustration 18), le Pansard (Illustration 19) et le Batailler (Illustration 20).



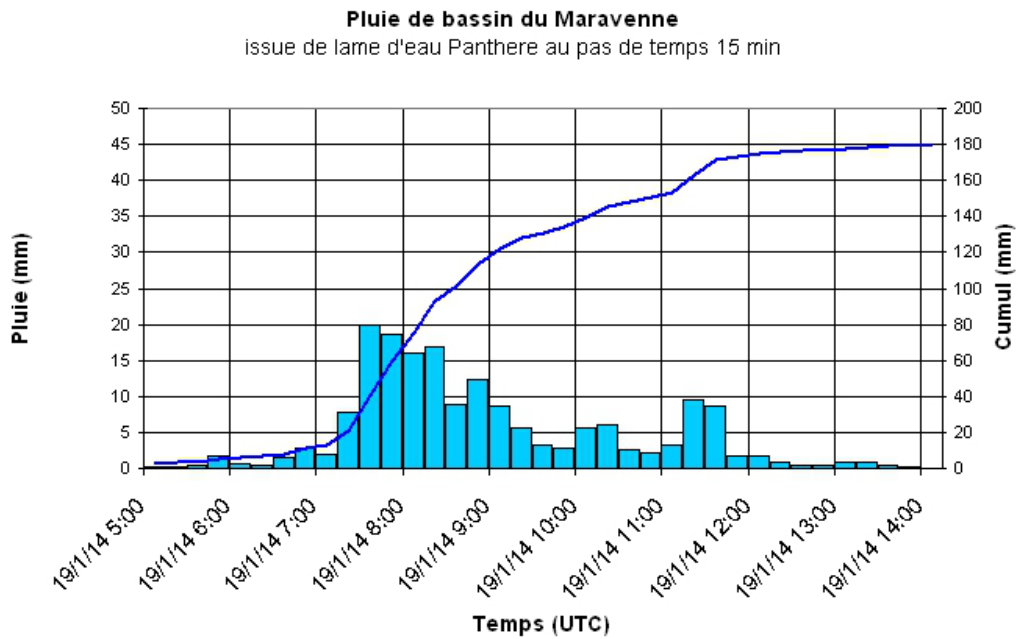


Illustration 18: Pluie de bassin du Maravenne

Source : Auteurs

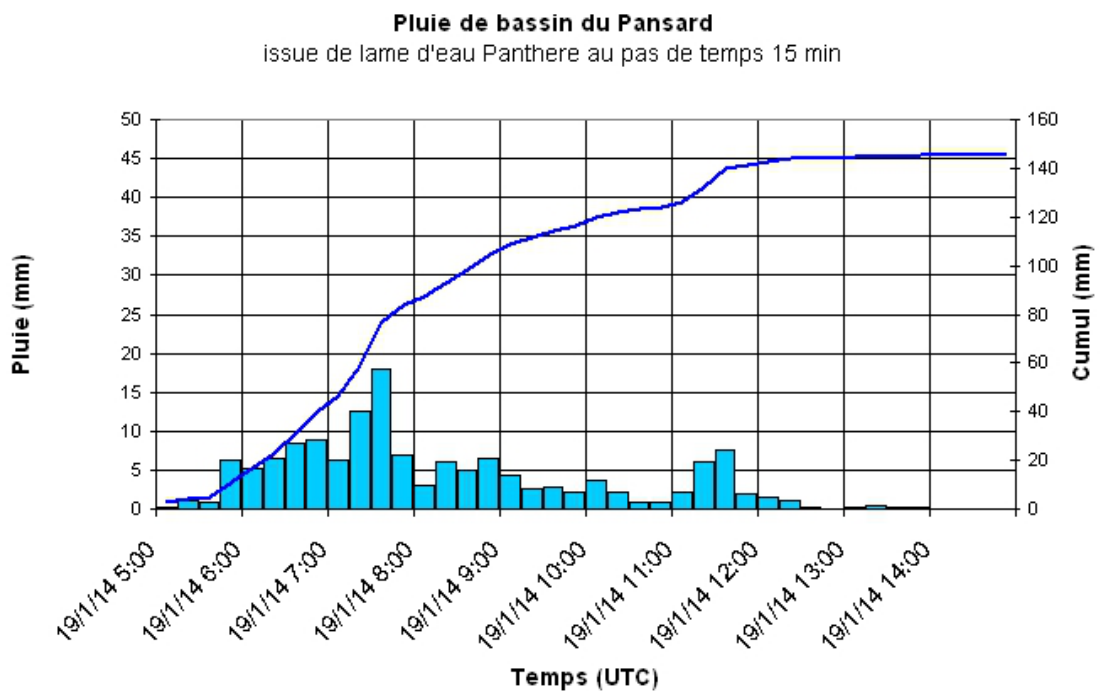


Illustration 19: Pluie de bassin du Pansard

Source : Auteurs

**Pluie de bassin du Bataillet**  
issue de lame d'eau Panthere au pas de temps 15 min

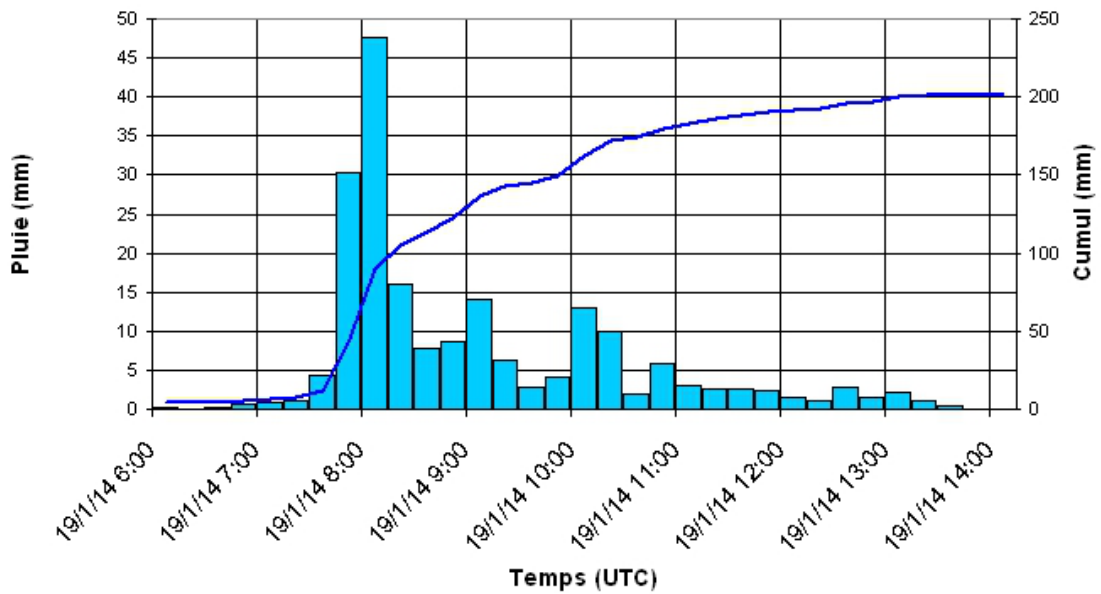


Illustration 20: Pluie de bassin du Bataillet

Source : Auteurs

Les valeurs de cumuls remarquables sur ces bassins et une estimation des périodes de retour correspondantes sont présentés dans le Tableau 4.

	BV Maravenne confluence avec le Pansard	BV Pansard confluence avec le Maravenne	BV Bataillet exutoire
Cumul 24h Du 19/01 00hUTC au 20/01 00hUTC	180 mm T = 50 à 100 ans	148 mm T < 20 ans	202 mm T~100 ans
Maximum en 1h	72 mm T~100ans	46 mm T~10ans	102 mm T>100 ans
Maximum en 2h	109 mm T>100ans	73 mm T~50 ans	135 mm T>100 ans
Maximum en 3h	127 mm T>100ans	93 mm T>100 ans	165 mm T>100 ans
Maximum en 4h	142 mm T>100ans	109 mm T>100 ans	178 mm T>100 ans

Tableau 4: Valeurs des cumuls de pluies de bassin et période de retour associées

Source : Auteurs

Remarques :

Si les valeurs de cumuls sur 24h sont importants (de 148 à 202 mm), ils ne sont pas pour

autant exceptionnels.

En revanche les valeurs de pluie de bassin estimées sur des pas de temps de 15 minutes à 4h sont remarquables sur ces bassins, particulièrement sur le Batailler (78 mm en 30 minutes entre 7h30 et 8h UTC, 135 mm en 2h entre 7h15 et 9h15 UTC).

Nota : Pour estimer ces périodes de retours nous avons utilisés les valeurs de pluies statistiques issues de la base SHYREG-pluie fournis par l'IRSTEA (2010) au centroïde des trois bassins (voir Illustration 21).

Les valeurs de pluies statistiques ponctuelles aux centroïdes ont été abattues en utilisant la formule de Neppel :

$$K = \frac{1}{1 + \frac{0.02\sqrt{S}}{(1-F)^{0.07} t^{0.33}}}$$

avec

K coefficient d'abattement

S surface du bassin versant en km<sup>2</sup>

F fréquence de non dépassement

t durée de la pluie en heures

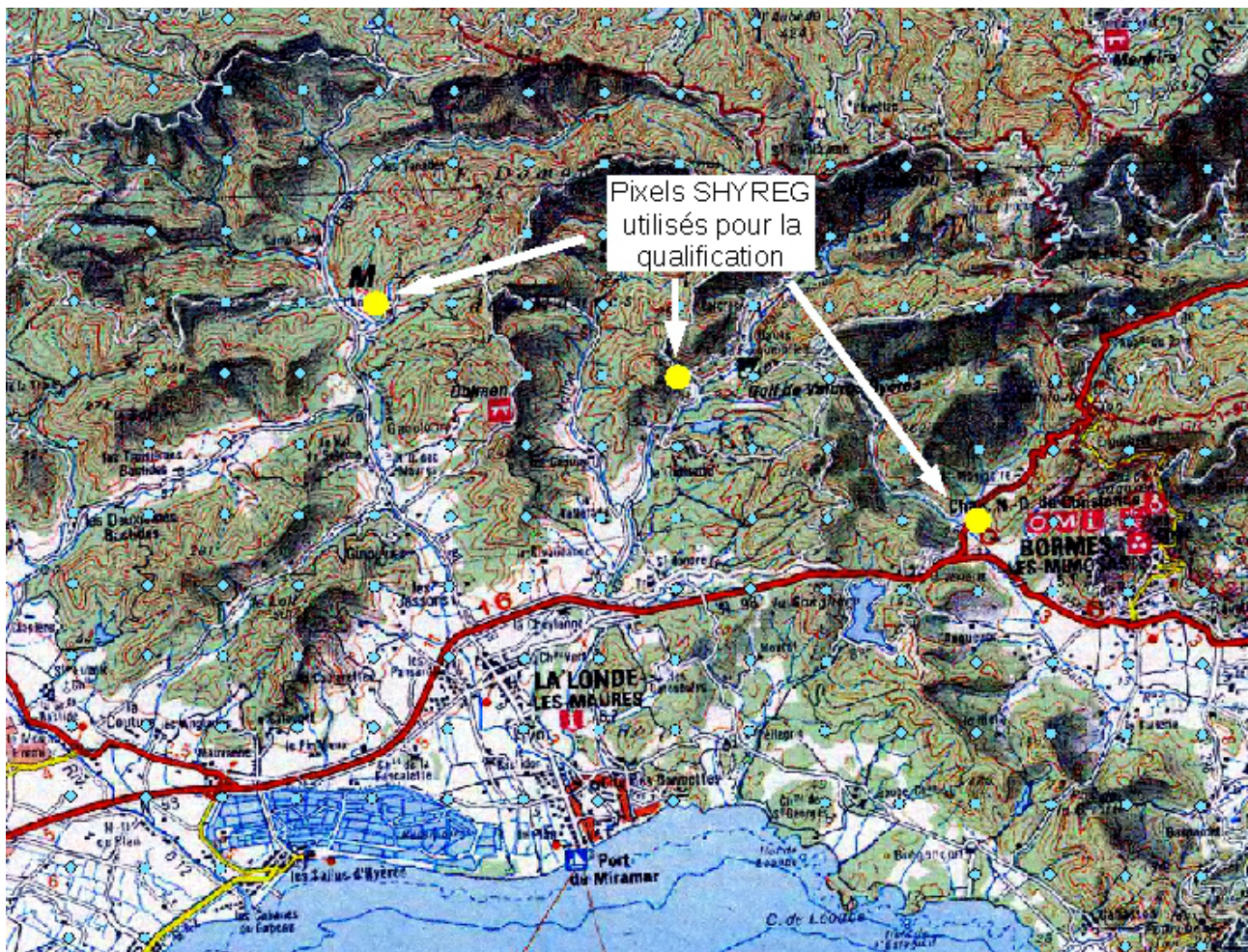


Illustration 21: Pixels SHYREG utilisés

Source : IRSTEA (modifié Auteurs)



Il faut garder à l'esprit que ces pluies, calculées à partir d'une lame d'eau radar, présentent des incertitudes et erreurs intrinsèques à cette méthode d'estimation.

#### b) Estimation de débits de pointe

À partir des intensités de pluie moyennes horaire précédemment calculées et d'une estimation du coefficient de ruissellement sur le bassin versant, il est possible d'estimer un débit de pointe en utilisant la formule rationnelle :

$$Q_{\text{pointe}} = C * I * S / 3,6$$

avec S surface du bassin versant en km, C coefficient de ruissellement, I intensité moyenne horaire (mm/h).

Pour une valeur de coefficient de ruissellement variant de 0,6 à 0,8 (étant donné les précipitations antérieures sur les bassins versant au cours des journées du 16 et 18 janvier on considère que les sols sont relativement saturés) et selon le temps de concentration choisi (on le fait varier entre 2 et 4h) on obtient des fourchettes d'estimation de débits de pointe présentés dans le Tableau 5.

	BV Maravenne confluence avec le Pansard	BV Pansard confluence avec le Maravenne	BV Batailler exutoire
Tc	2 – 4 heures	2 – 4 heures	2 – 4 heures
C	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8	0,6 -0,8
I	55 mm/h (2h) 47 mm/h (2h30) 42 mm/h (3h) 39 mm/h (3h30) 36 mm/h (4h)	37 mm/h (2h) 33 mm/h (2h30) 31 mm/h (3h) 30 mm/h (3h30) 27 mm/h (4h)	68 mm/h (2h) 60 mm/h (2h30) 55 mm/h (3h) 49 mm/h (3h30) 45 mm/h (4h)
<b>Q</b>	<b>200 – 400 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>200 – 350 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>180 – 370 m<sup>3</sup>/s</b>

*Tableau 5: Estimation des débits de pointe*

*Source : Auteurs*

Le Tableau 6 permet de comparer les fourchettes de débits estimés par cette première approche à des débits de référence issus de la base SHYREG<sup>2</sup> de l'IRSTEA.

	BV Maravenne confluence avec le Pansard	BV Pansard confluence avec le Maravenne	BV Batailler exutoire
<b>Q estimé</b>	<b>200 – 400 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>200 – 350 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>180 – 370 m<sup>3</sup>/s</b>
Q/S <sup>0,8</sup>	12 – 24 (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	10 – 17 (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	14 – 28 (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
Q10 (SHYREG)	28 m <sup>3</sup> /s	34 m <sup>3</sup> /s	22 m <sup>3</sup> /s
Q100 (SHYREG)	84 m <sup>3</sup> /s	103 m <sup>3</sup> /s	66 m <sup>3</sup> /s
Q1000 (SHYREG)	191 m <sup>3</sup> /s	233 m <sup>3</sup> /s	150 m <sup>3</sup> /s

*Tableau 6: Comparaison des débits de pointe aux débits de référence*

*Source : Auteurs*

La comparaison des fourchettes de débits de pointe ainsi estimées à des valeurs de débits régionalisés (méthode SHYREG) met en évidence le caractère rare de ces valeurs.

On notera que le contexte de l'événement de janvier 2014 était particulièrement défavorable :

- des sols préalablement saturés aggravant le phénomène de ruissellement,
- des cumuls de pluie importants sur de faibles durées, de l'ordre de grandeur du temps de concentration des bassins versants (pour mémoire 2 à 4h).

---

<sup>2</sup> Données SHYREG 2013 utilisées sur les TRI dans le cadre de la Directive Inondation.

### 2.3.2.3 Bassin versant de l'Argens

Cette partie reprend les éléments du rapport d'étude « Analyse hydrologique et hydraulique de la crue du bassin versant de l'Argens des 18 et 19 janvier 2014 - Retour d'expérience de l'événement - Action n°10 du PAPI d'intention - Argens et affluents » réalisé par Safege en mai 2014 (Illustration 22).

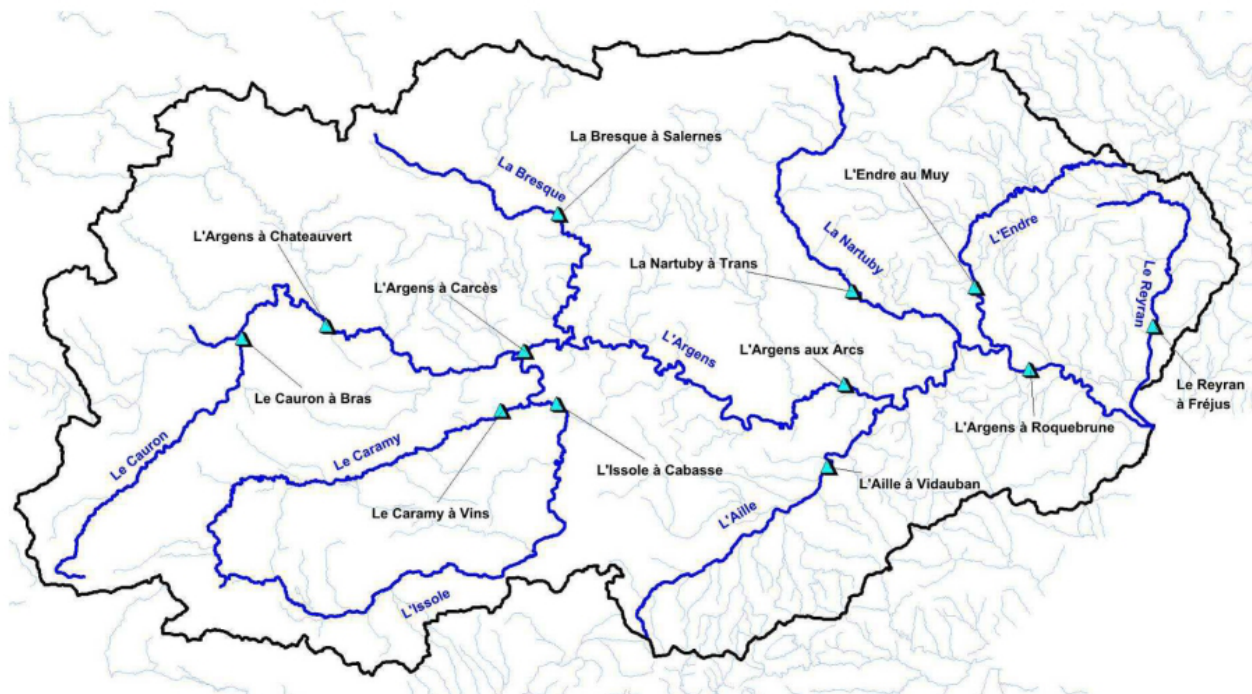
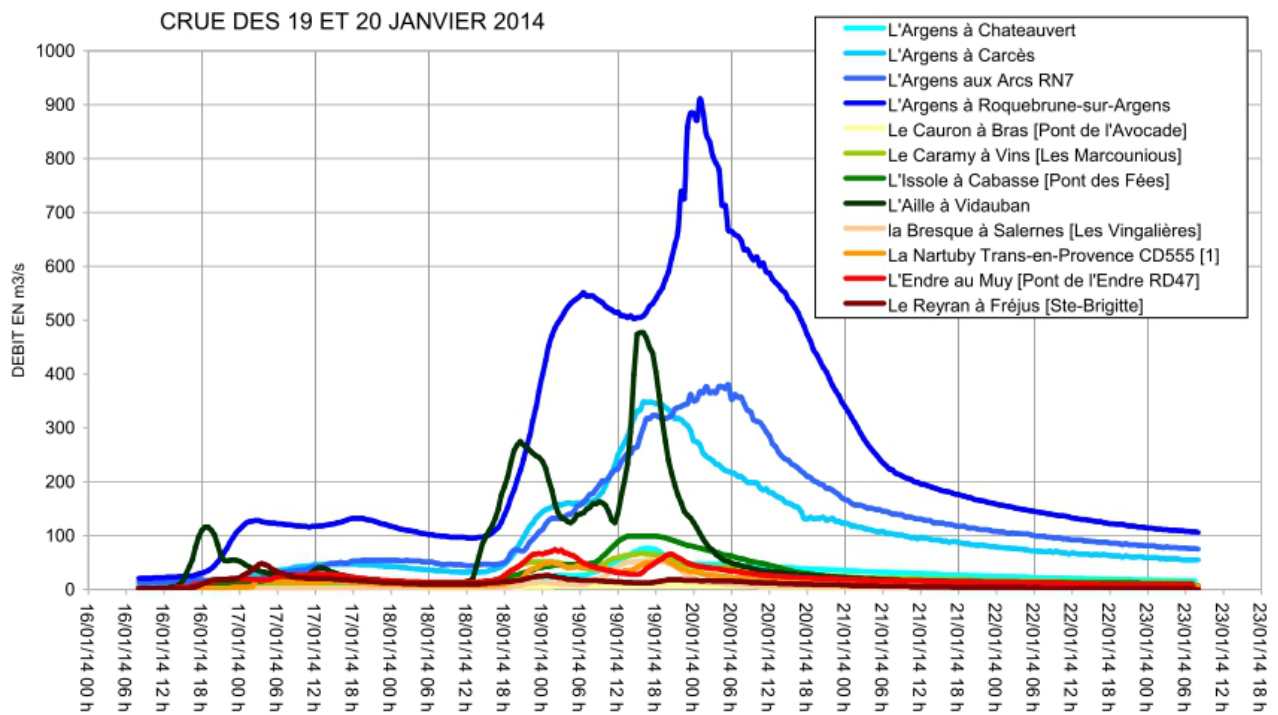


Illustration 22: Bassin versant de l'Argens et stations hydrométriques

Source : Safege, 2014

Les sous-bassins les plus touchés par les pluies des 18 et 19 janvier 2014 sont l'Aille, l'Issole, la Bresque et la partie médiane de l'Argens comme le montre l'illustration 23.





*Illustration 23: Hydrogrammes de crue de l'Argens et ses affluents*

Source : Safege , 2014

Le Tableau 7 présente les débits de pointe calculés aux stations hydrométriques et les estimations de débits statistiques issus :

- de la Banque Hydro pour les périodes de retour 2 et 10 ans,
- de l'étude PPRi de l'Argens réalisée par SAFEGE pour les périodes de retour 50 ans
- de l'étude de définitions de paramètres hydrologiques et hydrauliques communs sur le bassin de l'Argens (action 5 du PAPI de l'Argens) non encore validée réalisée par Tractebel Engineering

Station	QIX (m <sup>3</sup> /s)	Q2 (m <sup>3</sup> /s)	Q10 (m <sup>3</sup> /s)	Q50 (m <sup>3</sup> /s)	Période de retour estimée
L'Argens à Roquebrune	911	-	-	1300	20-30 ans
L'Argens aux Arcs	380	-	-	600	20 ans
L'Argens à Carcès [aval]	348	-	-	520	20 ans
L'Argens à Chateauvert	76	42	90	220	5 ans
Le Reyran à Fréjus	48	50	94	210	2 ans
L'Endre au Muy	74	-	-	-	<2 ans
La Nartuby à Trans-en-Provence	57	-	73	170	5 ans
L'Aille à Vidauban	477	-	-	500	50 ans
La Bresque à Salernes	54	18	39	57	50 ans
L'Issole à Cabasse	99	-	-	130	30 ans
Le Caramy à Vins	67	-	79	110	5 ans
Le Cauron à Bras	7	12	27	40	<2ans

*Tableau 7: Comparaison des débits de pointe aux stations et calculés*

*Source : Auteurs*

Les débits de pointe sur l'ensemble des cours d'eau restent en deçà des niveaux atteints lors des événements de 2010 et 2011 à l'exception de l'Issole et la Bresque pour lesquels le débit de pointe de janvier 2014 sont les maxima connu dans la Banque Hydro.

## 2.4 Modélisation hydraulique avec Cartino

L'objectif est d'estimer le débit de la crue de janvier 2014 atteint sur le Pansard, le Maravenne et le Batailler.

A l'aide de Cartino, nous avons réalisé un modèle hydraulique simplifié dont les principales limites sont les suivantes (Annexe 9) :

- le logiciel effectue des calculs par modélisation 1D, il a donc les mêmes limites que les modèles mono-dimensionnels (non adapté aux plaines en toit, lits perchés, rivières avec plusieurs chenaux). Il considère que le niveau d'eau est le même en tout point sur chaque section de calcul. Le calcul hydraulique est effectué à l'aide des codes Mascaret, Hec-Ras et Flutor.
- Le calcul s'effectue en mode permanent (aucun effet de stockage ou laminage)
- La topographie utilisée est issue de données Lidar (pas de fond de lit mineur, pas d'ouvrages hydrauliques de franchissement, pas d'ouvrages longitudinaux de type digue).
- Il n'y a pas de distinction lit mineur/lit majeur, le coefficient de rugosité est une valeur moyenne sur l'ensemble des sections.

Nous avons simulé plusieurs débits afin de nous caler sur les PHE disponibles.

Cartino permet d'une part de réaliser les calculs hydrauliques afin d'obtenir des résultats de cotes d'eau, qui peuvent être comparées avec les PHE disponibles, d'autre part de dessiner une cartographie de hauteurs d'eau (avec représentation de la charge hydraulique).

### 2.4.1 Le Pansard :

Les débits injectés, en régime permanent, dans le modèle hydraulique sont de 150 m<sup>3</sup>/s (débit pris en compte dans le modèle PPRI) à 400 m<sup>3</sup>/s.

La rugosité a été estimée à 15 sur la totalité des sections, sans distinction de lit mineur et lit majeur. Ce coefficient moyen permet de prendre en compte un lit mineur à berges étroites et végétalisées, et un lit majeur peu étendu alternant zones de vignes, zones boisées et zones urbanisées.

Le modèle hydraulique du Pansard démarre au lieu dit l'Anguille, au nord du Pas du Cerf et va jusqu'à la confluence avec le Maravenne. Sur la carte de situation (Illustration 24), on peut visualiser les PHE disponibles et les 130 profils en travers utilisés ainsi que les 7 secteurs étudiés. La donnée topographique provient de dalles lidar de la base RGEALTI 1m de mai 2013 de l'IGN.



- Secteur 1 : Notre Dame des Maures (abscisse 2500)
- Secteur 2 : Confluence avec le ruisseau du lieu-dit l'Apie (abscisse 3200)
- Secteur 3 : Cave coopérative (abscisse 4300)
- Secteur 4 : Amont RD98 (abscisse 5000)
- Secteur 5 : Aval RD98 (abscisse 5500)
- Secteur 6 : Amont RD559 (abscisse 5800)
- Secteur 7 : Stade de football à la confluence (abscisse 6400)

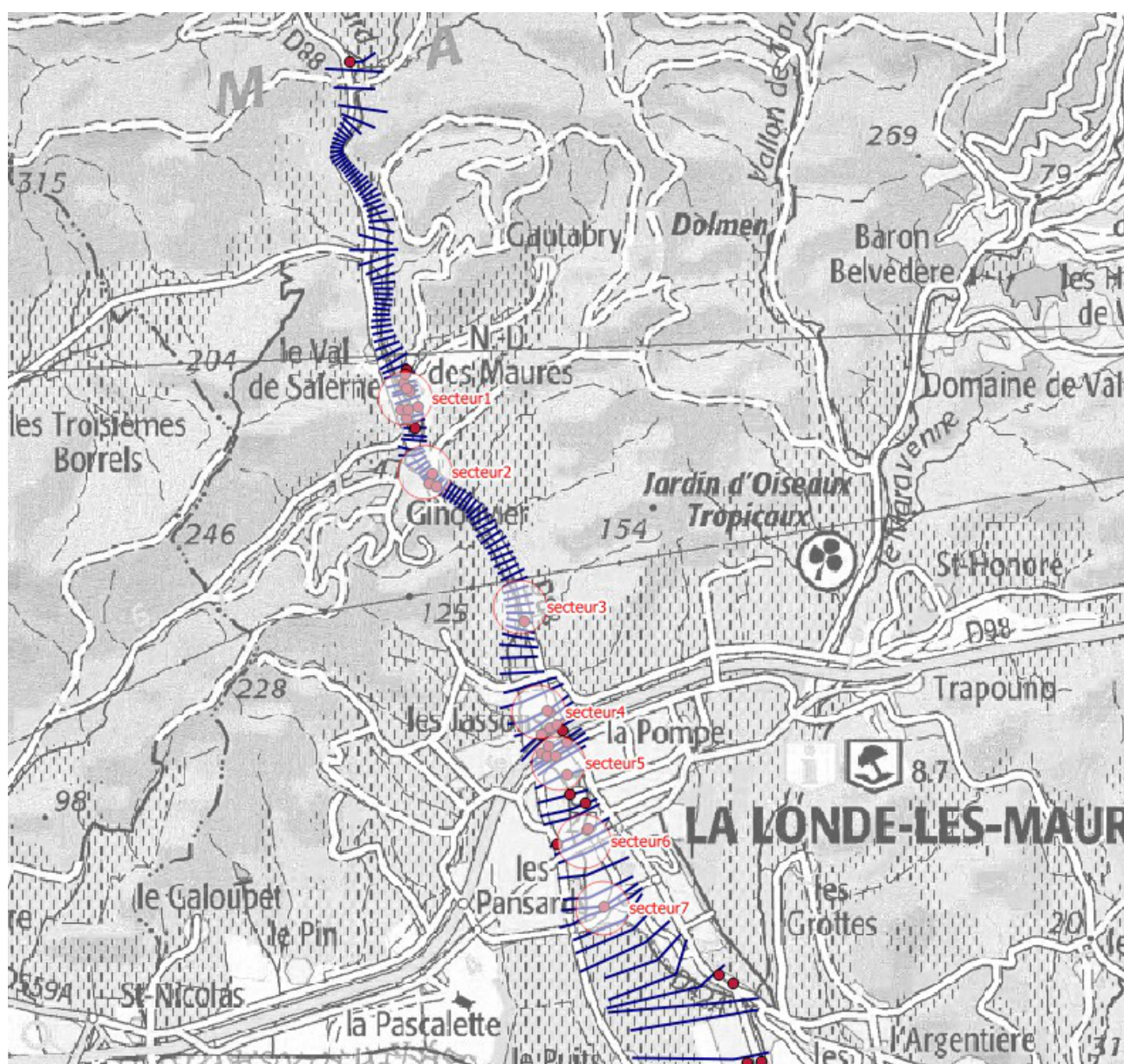


Illustration 24: Profil en long Cartino sur le Pansard

Source : Auteurs

L'illustration 25 montre le profil en long des lignes d'eau pour 4 gammes de débit (150, 200, 300 et 400 m<sup>3</sup>/s) et nous avons pu les comparer avec les PHE.

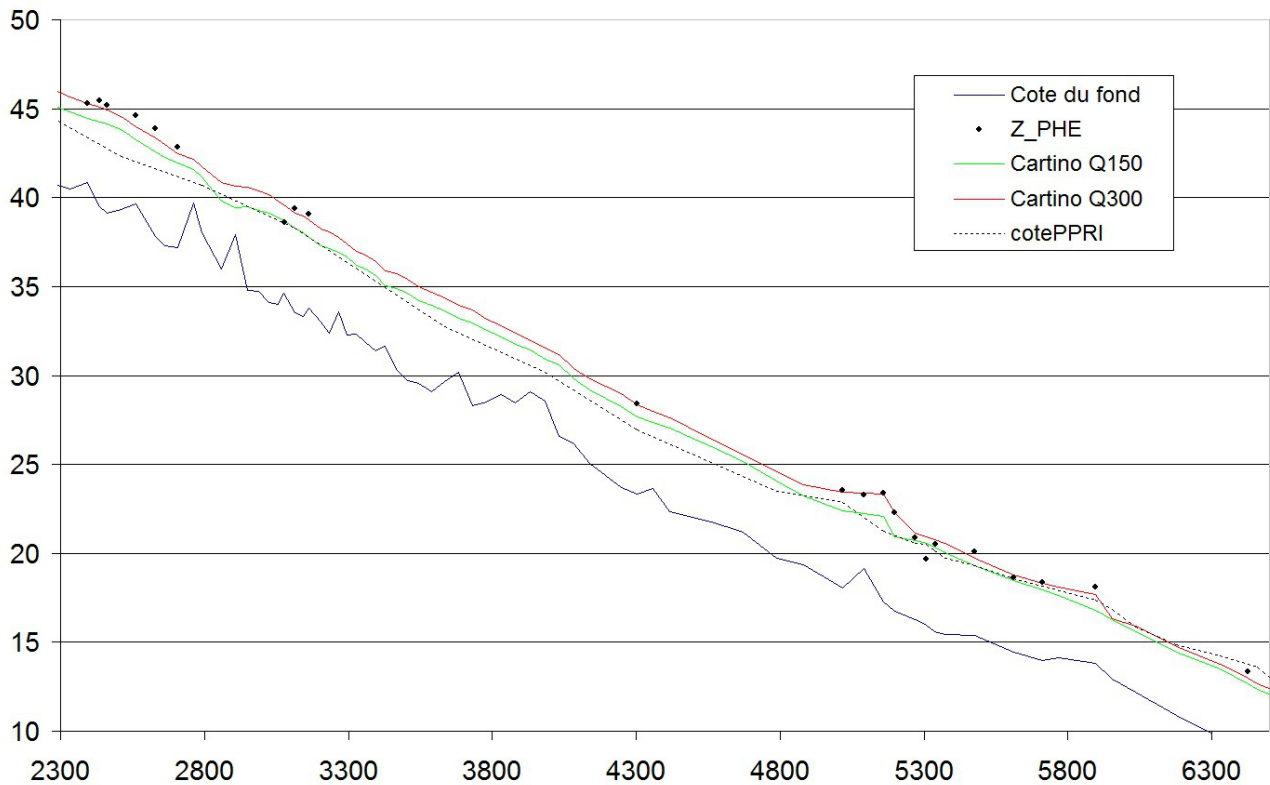


Illustration 25: Lignes d'eau calculées du Pansard

Source : Auteurs

De manière générale, on peut constater qu'un débit de 300 m<sup>3</sup>/s (courbe rouge) semble le mieux caler aux PHE, le Tableau 8 permet d'analyser l'écart aux PHE.

Nom_PHE	Z_PHE	Q300	Z Q300 - ZPHE
	69.48	68.94	-0.54
PAN_31	45.31	45.27	-0.04
PAN_11	45.44	45.07	-0.37
PAN_33	45.18	44.93	-0.26
PAN_07	44.60	43.99	-0.62
PAN_34	43.87	43.37	-0.50
PAN_05	42.84	42.49	-0.35
<b>PAN_03</b>	<b>38.61</b>	<b>39.61</b>	<b>1.00</b>
PAN_01	39.37	39.12	-0.25
PAN_02	39.08	38.74	-0.34
PAN_12	28.39	28.37	-0.02
PAN_14	23.54	23.44	-0.10
PAN_13	23.28	23.38	0.09
PAN_37	23.40	23.34	-0.06
PAN_16	22.30	22.29	-0.01
PAN_39	20.90	21.16	0.26
<b>PAN_40</b>	<b>19.66</b>	<b>20.94</b>	<b>1.28</b>
PAN_41	20.49	20.78	0.29
PAN_42	20.09	19.74	-0.35
PAN_43	18.61	18.80	0.19
PAN_44	18.38	18.34	-0.04
PAN_45	18.10	17.66	-0.44
PAN_48	13.35	12.99	-0.36

Tableau 8: Différence entre PHE et Calcul Cartino sur le Pansard

Source : Auteurs

Les deux PHE en rouge ont été retirées des calculs car elles sont vraisemblablement erronées. L'explication est donnée plus loin dans l'analyse des secteurs.

La moyenne des écarts aux PHE pour le débit le mieux calé (Q300) est de -15 cm.

Une variation de 100 m<sup>3</sup>/s entraîne un écart moyen de l'ordre de 40 cm.

Une variation de rugosité de 3 points entraîne un écart moyen de l'ordre de 25 cm.

Nous ne disposons pas de PHE sur la totalité du cours d'eau, ainsi nous porterons notre analyse détaillée sur certains secteurs mieux renseignés. Le reste du linéaire pouvant être comparé aux autres limites disponibles (emprise PPRI, zone inondée, AZI).



**Les cartographies sur les cours d'eau ont la légende suivante :**

- **les profils en travers sont en bleu (l'attribut affiché est la cote d'eau)**
- **les PHE sont en rouge**
- **la limite PPRI est en rouge (débit de 150 m<sup>3</sup>/s)**
- **la limite de zone inondée numérique (croisement PHE/LIDAR) est en violet**
- **le résultat Cartino est sous forme de classes de hauteurs d'eau (en vert 0/0,5 m en orange 0,5/1 m en violet >1 m)**

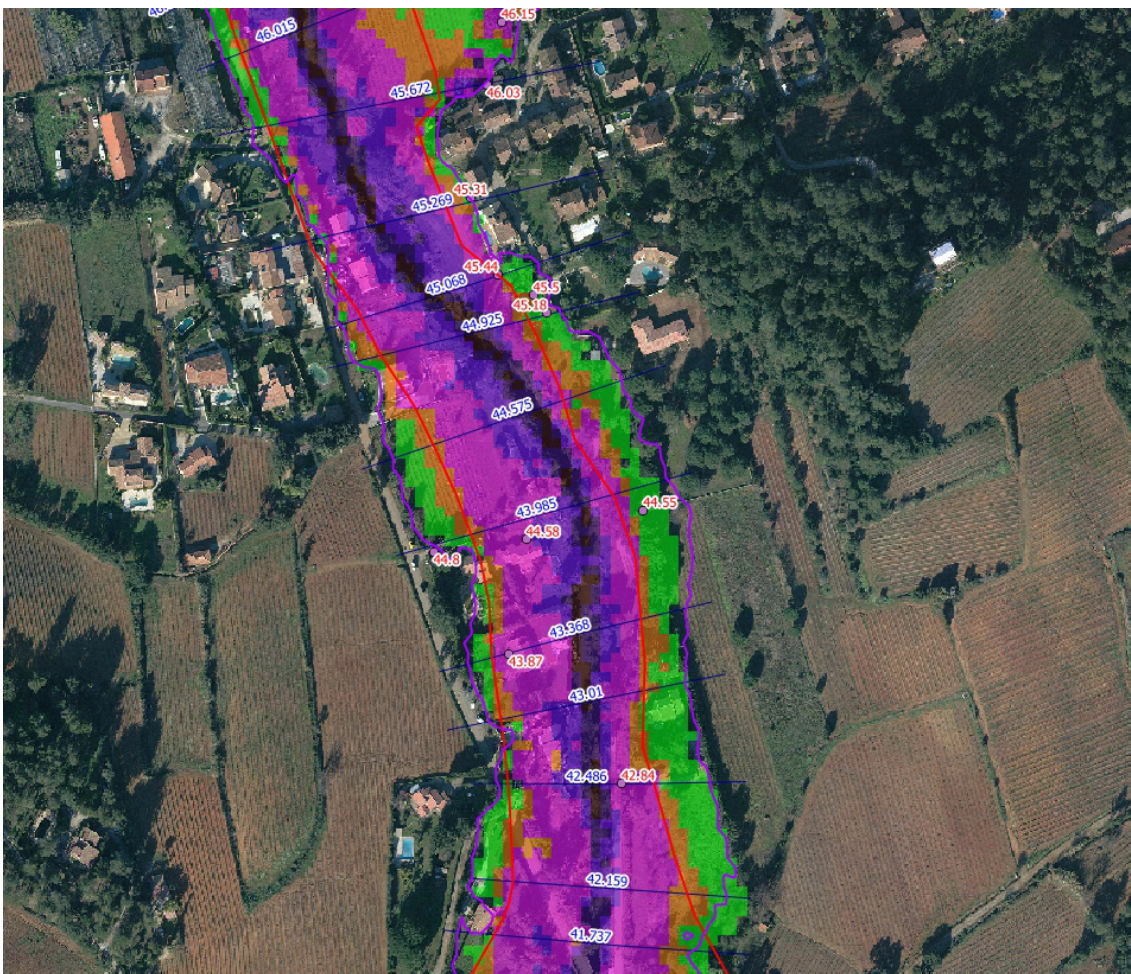
## **Secteur 1 :**

Le premier secteur d'étude est situé au niveau de Notre Dame des Maures (les deux premières laisses de crues à l'amont cotées à 46,15 et 46,03 m NGF ne sont pas prises en compte car elles correspondent à des niveaux d'eau sur un affluent).

Le débit de 150 m<sup>3</sup>/s est proche de l'emprise PPRI.

Un débit de 300 m<sup>3</sup>/s (Illustration 26) permet d'approcher les cotes PHE, mais on reste entre 30 et 60 cm en dessous des niveaux PHE.

Cependant, ce secteur a été soumis à d'importantes perturbations locales aggravantes non prise en compte par le modèle (ouvrage d'art sous la RD88 non modélisé, embâcles relevées notamment au niveau de cet ouvrage, façades perpendiculaires à l'écoulement, murets renversés).



*Illustration 26: Résultats pour Q = 300m<sup>3</sup>/s sur le secteur 1*

*Source : Auteurs*



## **Secteur 2**

L'emprise PPRI est atteinte avec 150 m<sup>3</sup>/s. La première PHE semble douteuse (PHE PAN\_03 à 38,61m NGF) car la localisation pour le nivellement n'est pas évidente. Par contre, un débit de 300 m<sup>3</sup>/s (Illustration 27) permet de bien se caler aux deux autres PHE. Aussi, l'emprise PPRI est atteinte avec 150 m<sup>3</sup>/s.



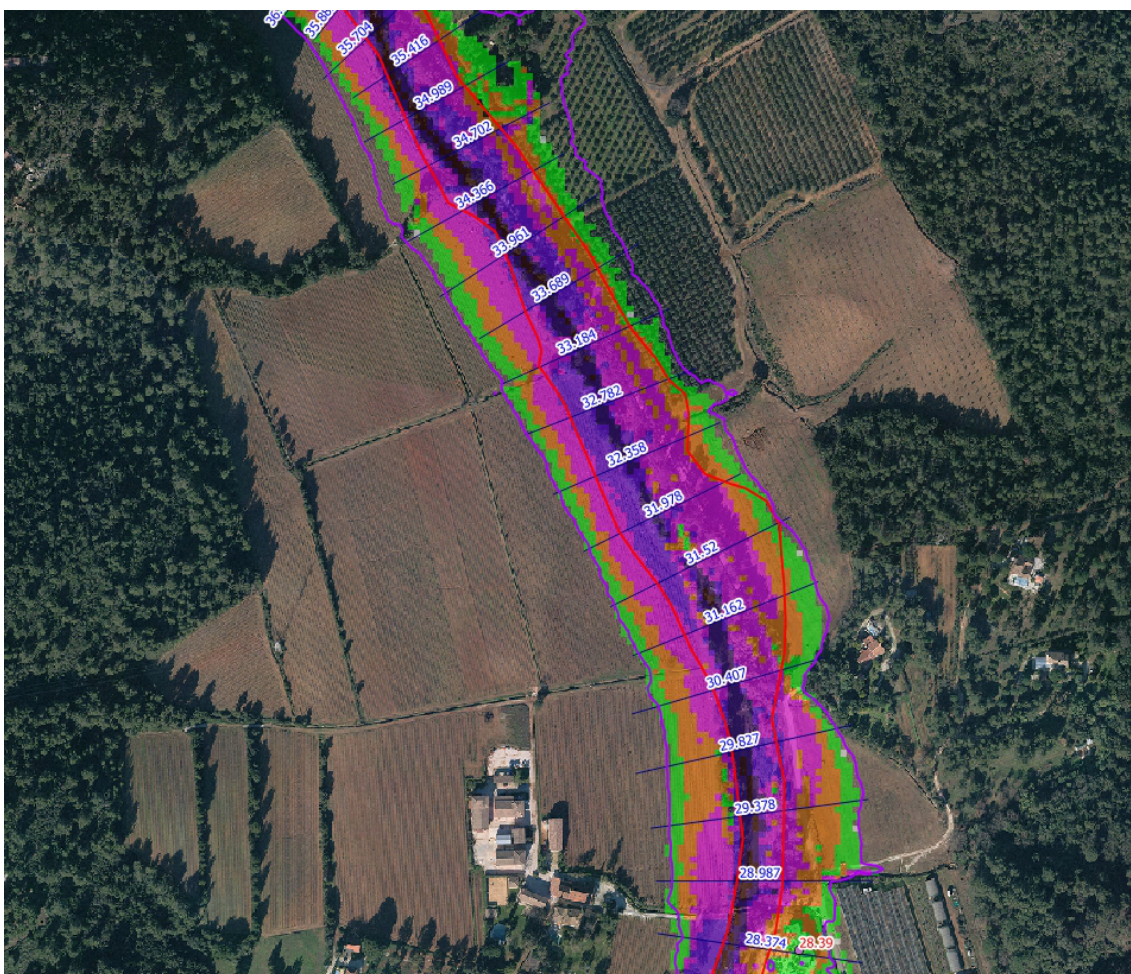
*Illustration 27: Résultats pour Q = 300m<sup>3</sup>/s sur le secteur 2*

*Source : Auteurs*



### **Secteur 3**

Le débit de 300 m<sup>3</sup>/s (Illustration 28) permet d'approcher la cote de la PHE pertinente qui a été relevée au niveau de la cave coopérative.



*Illustration 28: Résultats pour  $Q = 300\text{m}^3/\text{s}$  sur le secteur 3*

*Source : Auteurs*



## **Secteur 4**

Bien que les caractéristiques de l'ouvrage de franchissement de la RD 98 n'aient pas été modélisées (ouvrage de type cadre), le débit  $Q_{300}$  (Illustration 29) permet d'approcher les PHE. On pourra également noter que les écoulements ont emprunté la RD88 pour passer sous la RD98.

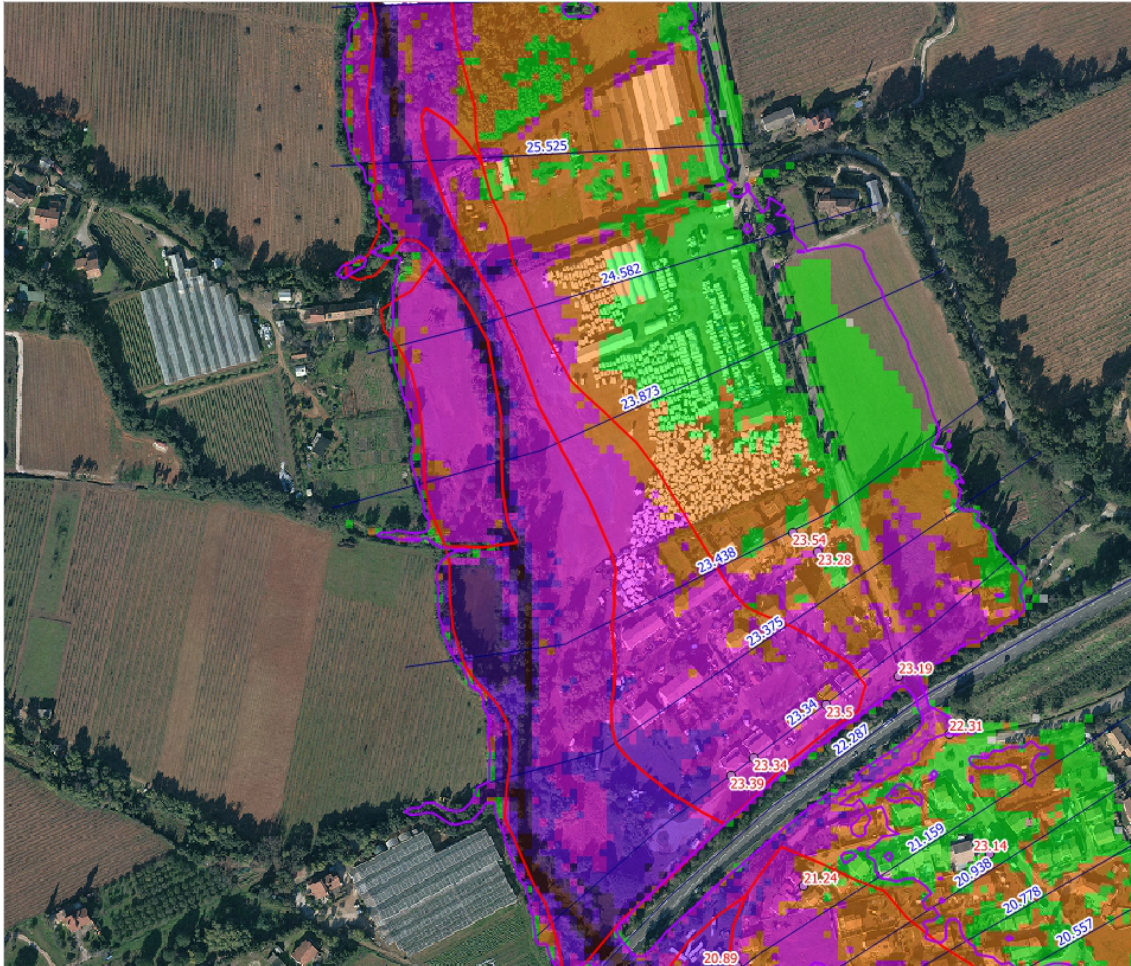


Illustration 29: Résultats pour  $Q = 300\text{m}^3/\text{s}$  sur le secteur 4

Source : Auteurs



## **Secteur 5**

Le débit de 300 m<sup>3</sup>/s (Illustration 30) est assez proche des PHE observées sur ce secteur. La PHE n° 40 à 19,66 mNGF n'est pas prise en compte car elle est incohérente avec les PHE à proximité (peut être une confusion entre le niveau du repère et celui de la PHE?). Les PHE (PAN\_16 et PAN\_17) à 22,31 mNGF et 23,14 m NGF ne sont pas prises en compte car elles correspondent aux écoulements par la RD88, déconnectés du niveau en lit mineur.



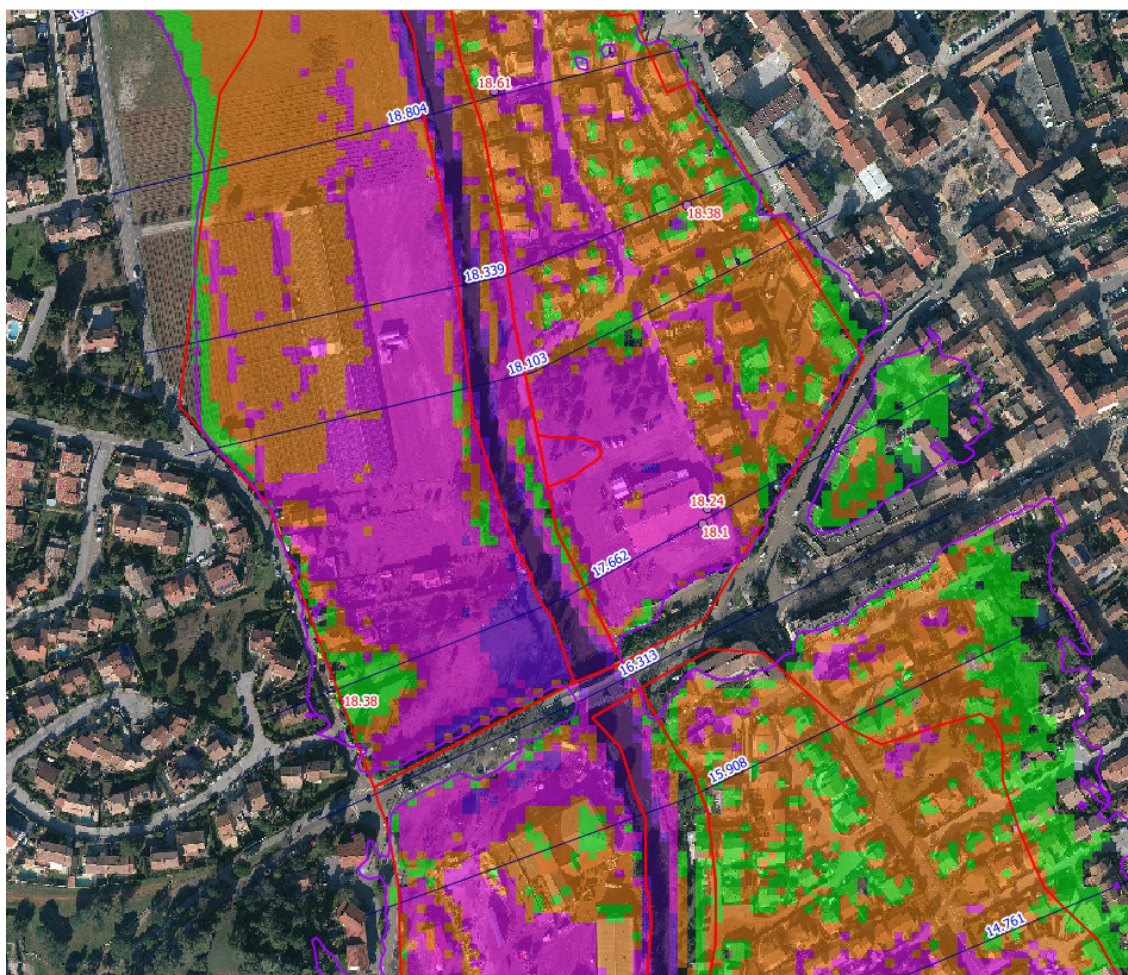
*Illustration 30: Résultats pour Q = 300m<sup>3</sup>/s sur le secteur 5*

*Source : Auteurs*



## **Secteur 6**

Le débit Q300 (Illustration 31) est très proche des deux premières PHE (PAN\_43 et PAN\_44). Par contre, au niveau du supermarché Casino, à l'amont immédiat du pont, le niveau modélisé est environ 50 cm au-dessous du niveau des PHE relevées. Cet écart peut s'expliquer par le fait que nous ne prenons pas en compte l'ouvrage sous la RD559a (de type arche) qui a pu potentiellement être soumis à des phénomènes d'embâcles.



*Illustration 31: Résultats pour Q = 300m<sup>3</sup>/s sur le secteur 6*

*Source : Auteurs*



## Secteur 7

Sur ce secteur un débit de 300 m<sup>3</sup>/s (Illustration 32) semble toujours cohérent. A l'aval, la densité de PHE disponibles et la proximité de la confluence ne nous permettent pas d'effectuer une analyse correcte.



Illustration 32: Résultats pour  $Q = 300\text{m}^3/\text{s}$  sur le secteur 7

Source : Auteurs

## Conclusion pour le Pansard

Cette analyse, à l'aide d'une modélisation Cartino et des PHE, avec les incertitudes des différentes hypothèses et un débit de l'ordre de 300 m<sup>3</sup>/s, permet d'obtenir une enveloppe modélisée proche de la zone inondée lors de la crue de janvier 2014 sur le cours d'eau du Pansard.

**En prenant en compte les incertitudes, nous pouvons afficher une fourchette de débit comprise entre de 250 et 350 m<sup>3</sup>/s.**

## 2.4.2 Le Maravenne :

Les débits injectés, en régime permanent, dans le modèle hydraulique Cartino sont de 100 m<sup>3</sup>/s (débit pris en compte dans le modèle PPRI) à 300 m<sup>3</sup>/s.

La rugosité a été estimée à 15 sur la totalité des sections, sans distinction de lit mineur et lit majeur. Ce coefficient moyen permet de prendre en compte un lit mineur à berges végétalisées, et un lit majeur alternant zones de vignes et zones boisées principalement.

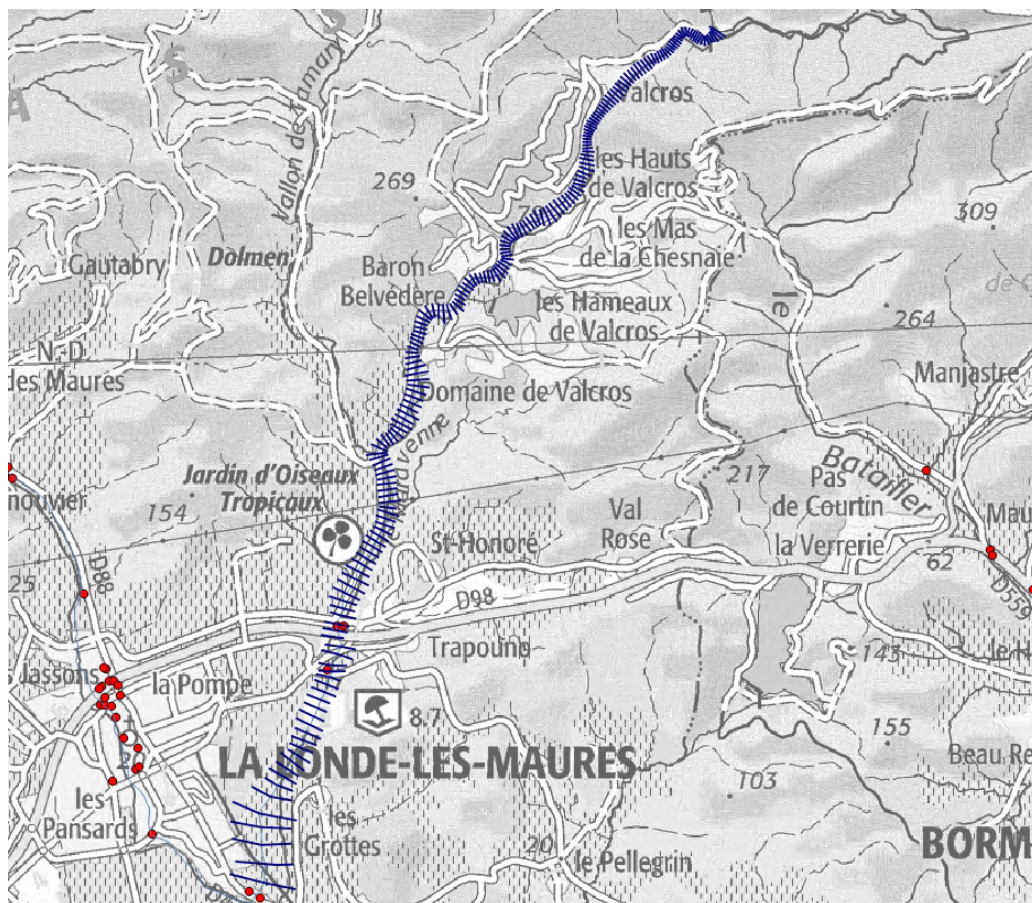


Illustration 33: Profil en long Cartino sur le Maravenne

Source : Auteurs

Le modèle hydraulique démarre au vallon de Valcros et se poursuit jusqu'à la mer. Sur la carte de situation (Illustration 34), on peut visualiser les PHE disponibles et les 215 profils en travers utilisés (la donnée topographique provient de dalles lidar de la base RGEALTI 1m de mai 2013).





Illustration 34: PHE disponibles autour de la RD 98

Source : Auteurs

Sur la partie avant la confluence avec le Pansard, nous disposons seulement de trois PHE. A l'amont de la RD98 (Illustration 34) la PHE MAR\_28 cotée à 22,66 m NGF est sans doute erronée. Le repère étant difficile à retrouver, la position en plan relevée par le géomètre semble inexacte, de plus elle n'est pas cohérente avec la PHE MAR\_29 mesurée à 23,57m NGF qui paraît plus pertinente.

La troisième PHE MAR\_27 est située à l'amont du passage sous le chemin du Carrubier. Seules ces deux PHE sont utilisées pour la suite de la modélisation.

Le profil en long (Illustration 35) présente les résultats des cotes d'eau atteintes avec les trois débits modélisés (100, 200 et 300 m<sup>3</sup>/s) :

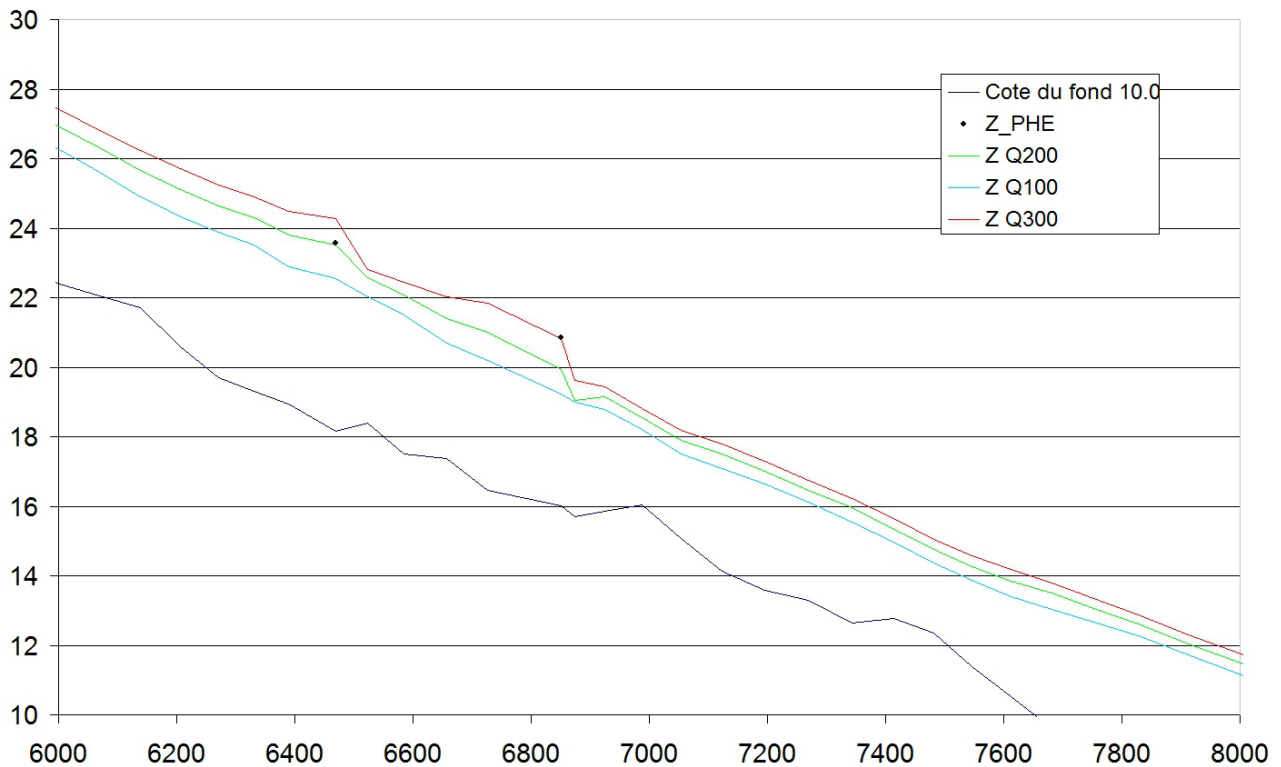


Illustration 35: Lignes d'eau calculées du Maravenne

Source : Auteurs

Une variation de 100 m<sup>3</sup>/s entraîne un écart moyen de l'ordre de 70 cm.

Une variation de rugosité de 3 points entraîne un écart moyen de l'ordre de 25 cm.

Le premier ouvrage de franchissement (abscisse 6500) est de type arche. On peut donc supposer que notre modèle sous estime les cotes d'eau (pas d'ouvrages hydrauliques pris en compte dans la modélisation Cartino). Ainsi les débits de 100 à 200 m<sup>3</sup>/s sont les plus cohérents avec la PHE MAR\_29.

Par contre, le deuxième ouvrage de franchissement (abscisse 6800) étant un ouvrage de type cadre (avec d'importants remblais), on peut supposer que la donnée topographique utilisée est assez fiable.

D'après notre modélisation, il n'y a pas de débordement et de mise en charge sur les remblais de l'ouvrage jusqu'à un débit de 300 m<sup>3</sup>/s. Ainsi on peut supposer que le niveau de cette PHE MAR\_27 (30 cm mesurés sur le parking de l'entreprise BTP) correspond non pas au niveau modélisé en lit mineur au droit de l'ouvrage, mais plutôt à un débordement amont du Maravenne voire à du ruissellement local indépendant du niveau en lit mineur.

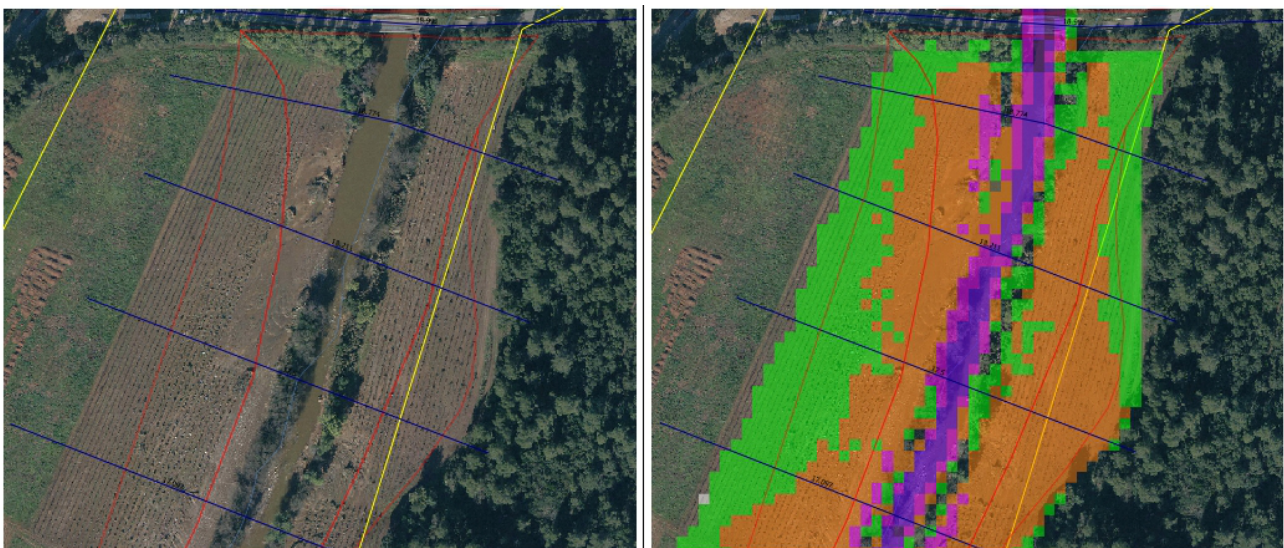
Au droit des deux ouvrages de franchissement, étant donné que nous n'avons pas de topographie détaillée des ouvrages, il paraît difficile de faire une comparaison de notre



modèle avec les PHE. Nous allons donc analyser d'autres secteurs du Maravenne à partir des résultats de la cartographie Cartino et des prises de vues aériennes post crue.

À partir d'un débit de 100 m<sup>3</sup>/s (correspondant au débit PPRI), le modèle semble bien approcher les zones inondées sur les prises de vues (traces d'embâcles, zones d'érosion...).

Sur le secteur en aval de la RD559, les débordements en rive droite et rive gauche sont visibles (Illustration 36) sur l'Orthophoto (traces d'embâcles et d'érosion dans les vignes). Un débit de 100 m<sup>3</sup>/s permet d'atteindre ces limites d'érosion (débit proche de celui du PPRI). Notons que la limite de la zone inondée dessinée par la commune (en jaune) semble très imprécise sur ce secteur.



*Illustration 36: Résultats pour Q=100 m<sup>3</sup>/s et limite existante à l'aval de la RD559*

Source : Auteurs

Sur le secteur du village de vacances (amont confluence avec le Pansard -Illustration 37), des traces d'érosion et d'embâcles dans les champs sur les deux rives permettent d'estimer une limite de zone inondée qui correspond à un débit de 100 m<sup>3</sup>/s.



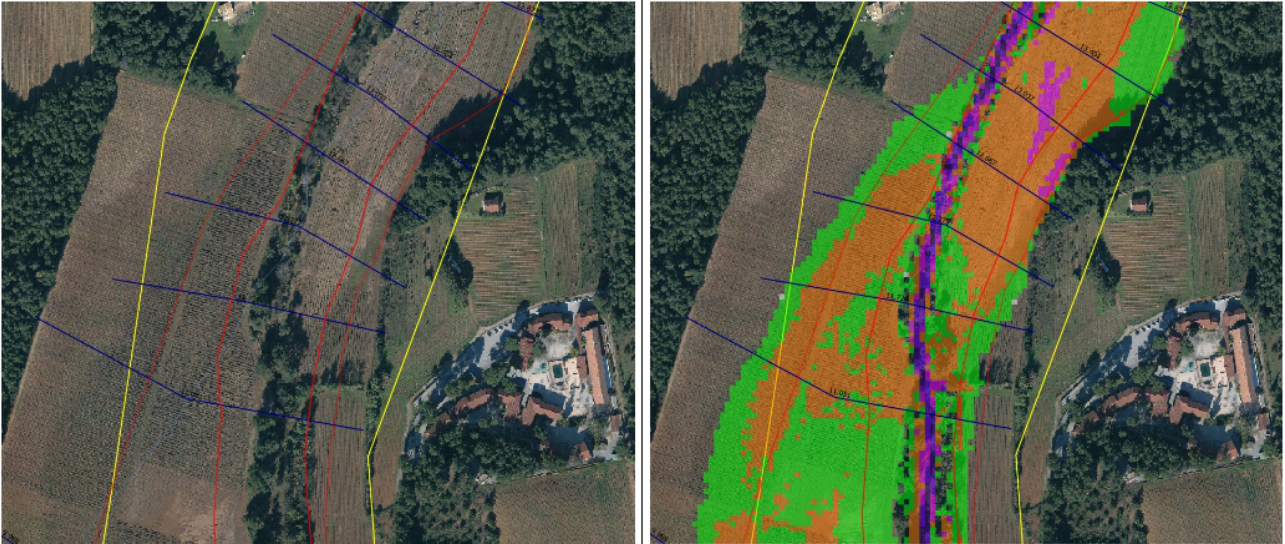


Illustration 37: Résultats pour  $Q= 100 \text{ m}^3/\text{s}$  et limite existante au Village Vacances

Source : Auteurs

### Conclusion pour le Maravenne

Des débits plus forts (200 ou 300  $\text{m}^3/\text{s}$ ) permettent d'augmenter les niveaux d'eau mais l'extension spatiale de la zone inondée ne change pas fondamentalement par rapport à un débit de 100  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Ainsi, en l'absence de données précises sur les ouvrages de franchissement des RD 98 et RD 559a, et compte-tenu des PHE actuellement disponibles sur le Maravenne, on peut estimer que **le débit atteint sur le Maravenne est d'au moins 100  $\text{m}^3/\text{s}$**  (même ordre de grandeur que le PPRI). Les incertitudes étant trop importantes pour donner une valeur plus précise du débit atteint lors de la crue de janvier 2014.

#### **2.4.3 Le Batailler :**

Sur le Batailler, les débits injectés, en régime permanent, dans le modèle hydraulique sont de 100  $\text{m}^3/\text{s}$  (débit pris en compte dans le modèle PPRI) à 300  $\text{m}^3/\text{s}$ .

La rugosité a été estimée à 15 sur la totalité des sections, sans distinction de lit mineur et lit majeur. Ce coefficient moyen permet de prendre en compte un lit mineur assez rugueux à berges végétalisées, et un lit majeur étendu en zone urbanisée.

Le modèle hydraulique démarre au gué du quartier Les Catalanes, en amont de la zone d'activité, il va jusqu'à la mer. Sur la carte de situation (Illustration 38), on peut visualiser les PHE disponibles et les 25 profils en travers utilisés. La donnée topographique provient de dalles lidar de la base RGEALTI 1m de mai 2013. Le modèle n'a pas pu être prolongé à

l'amont par absence de donnée Lidar. Nous n'avons pas pu utiliser le MNT fourni par l'IGN lors de la mission en janvier 2014 car ce MNT n'était pas correctement filtré (absence d'ouverture sous les remblais, par exemple).

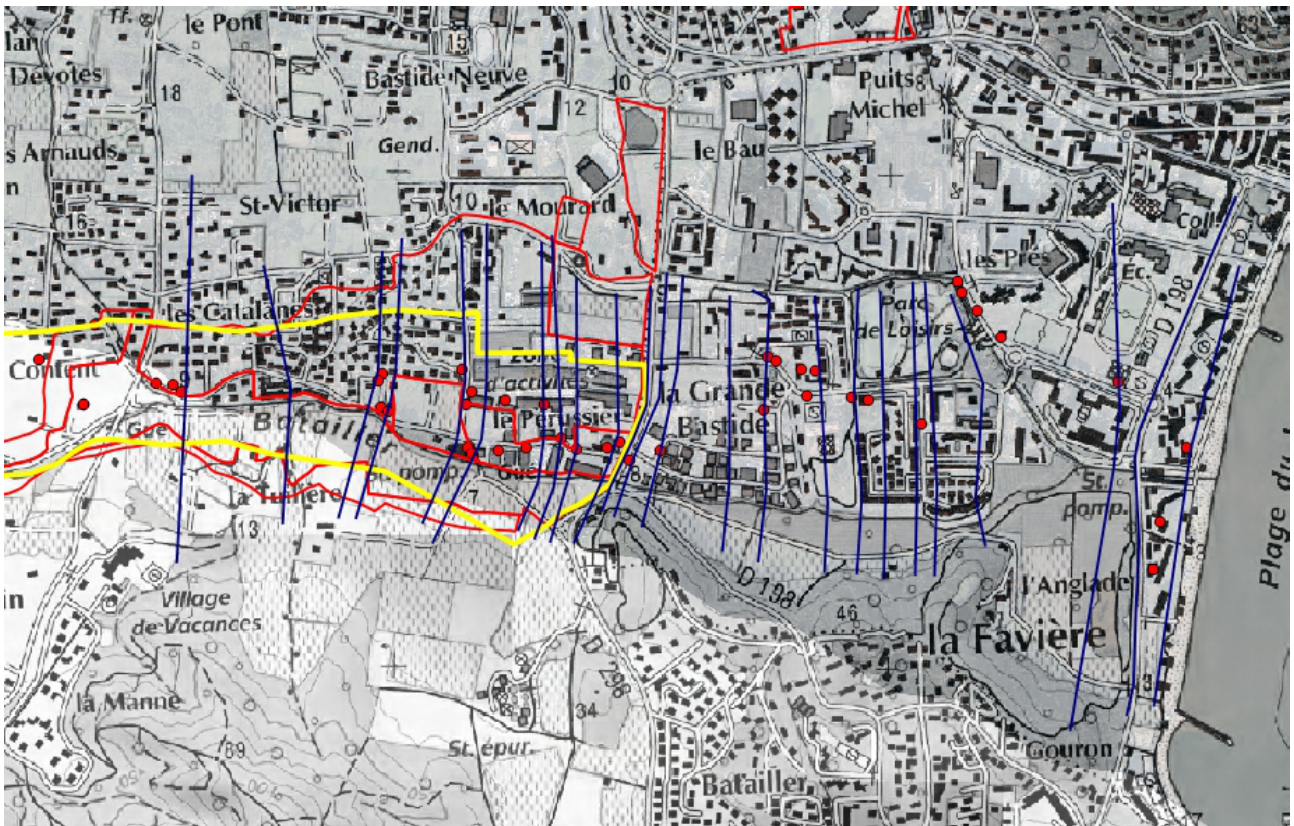


Illustration 38: Profil en long Cartino sur le Batailler

Source : Auteurs

L'illustration 39 montre le profil en long des lignes d'eau pour 3 gammes de débit (100, 200 et 300 m<sup>3</sup>/s) que nous avons comparés avec les PHE (Tableau 9).

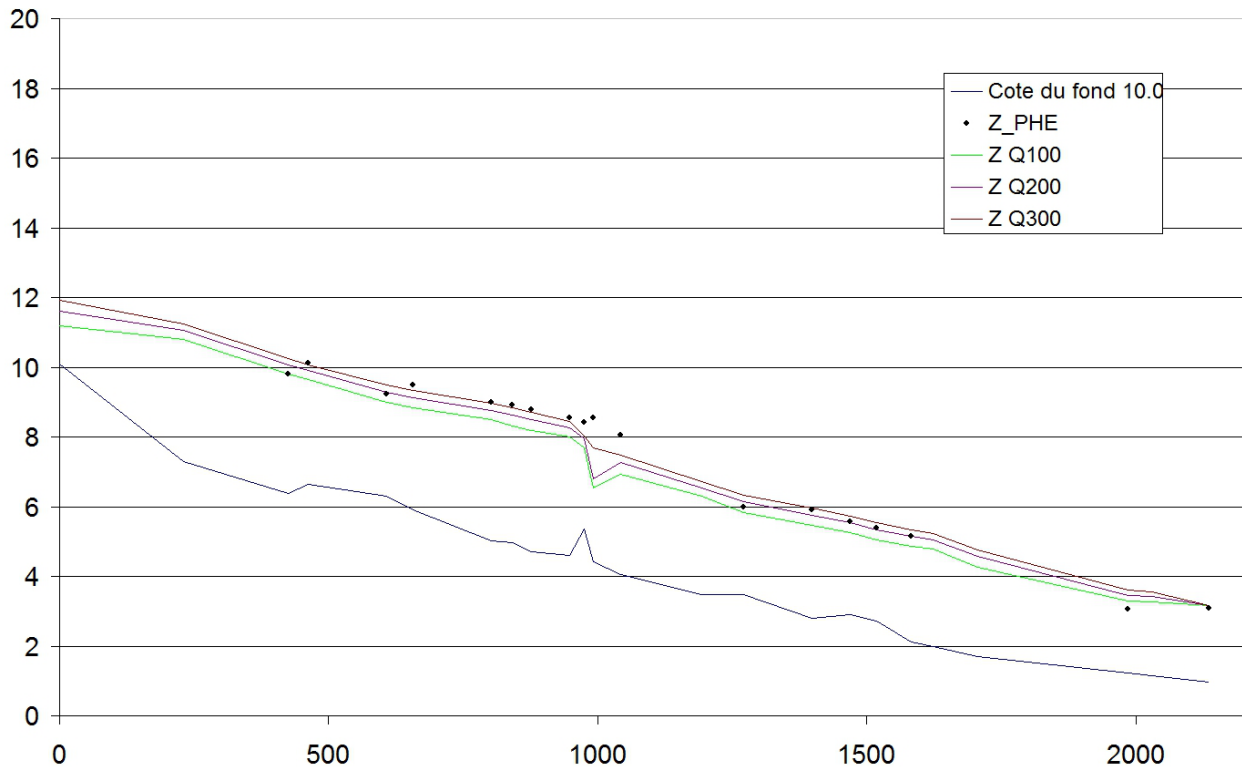


Illustration 39: Lignes d'eau calculées du Batailler

Source : Auteurs

De manière générale, on peut s'apercevoir sur l'illustration 39 que le débit de 100 m<sup>3</sup>/s est faible par rapport aux laisses de crues.

On peut également constater que les laisses de crues semblent assez fortes à l'amont de l'ouvrage sous la RD298 (limite communale, abscisse 1000) et plus faibles à l'aval.



Nom_PHE	Z_PHE	Q200	Z Q200 - ZPHE
BAT_22	9.81	10.07	0.26
BAT_58	10.12	9.90	-0.22
BAT_16	9.23	9.28	0.05
BAT_44	9.49	9.13	-0.36
BAT_42	9.00	8.76	-0.24
BAT_41	8.92	8.62	-0.31
BAT_40	8.78	8.51	-0.27
BAT_25	8.56	8.26	-0.30
BAT_48	8.41	7.95	-0.46
BAT_26	8.56	6.79	-1.77
BAT_27	8.04	7.26	-0.78
BAT_17	5.99	6.13	0.14
BAT_52	5.91	5.76	-0.15
BAT_49	5.56	5.54	-0.02
BAT_50	5.38	5.32	-0.06
BAT_18	5.16	5.15	-0.01
BAT_19	3.06	3.46	0.40
BAT_28	3.09	3.16	0.07

Tableau 9: Différence entre PHE et Calcul Cartino sur le Batailler

Source : Auteurs

La moyenne des écarts aux PHE est d'environ -25 cm pour le débit de 200 m<sup>3</sup>/s et 0 cm pour le débit de 300 m<sup>3</sup>/s.

Une variation de débit de 100 m<sup>3</sup>/s entraîne une différence de niveau de 20cm.

Une variation du point de rugosité de 3 points entraîne une différence de 5 cm sur les cotes d'eau.

Nous allons désormais visualiser en détail les secteurs amont et aval de la RD 298.

**Les cartographies ont la légende suivante :**

- **les profils en travers sont en bleu (l'attribut affiché est la cote d'eau)**
- **les PHE sont en rouge**
- **la limite PPRI est en rouge**
- **la limite de la zone inondée relevée par la commune de Bormes-les-Mimosas en jaune**
- **le résultat Cartino est sous forme de classes de hauteurs d'eau (en vert 0/0,5 m en orange 0,5/1 m en violet >1 m)**

Sur le secteur en amont de la RD298 (Illustration 40), on peut constater que le débit de 200 m<sup>3</sup>/s est bien calé aux premières PHE (remarquons que la PHE BAT\_37 cotée à 9,16 mNGF est douteuse par rapport aux PHE voisines).

Autour de l'ouvrage sous la RD298 (abscisse 1000), le débit de 200 m<sup>3</sup>/s paraît faible alors que le débit de 300 m<sup>3</sup>/s s'approche des PHE.

Cependant le calcul Cartino ne prend pas en compte l'ouvrage d'art sous la RD298, éventuellement soumis à des phénomènes d'embâcles, de plus le modèle 1D sous-estime les niveaux d'eau étant donné qu'on a un lit majeur qui fonctionne en casiers. Le débit le plus cohérent est donc ici de 200 m<sup>3</sup>/s voire 100 m<sup>3</sup>/s.

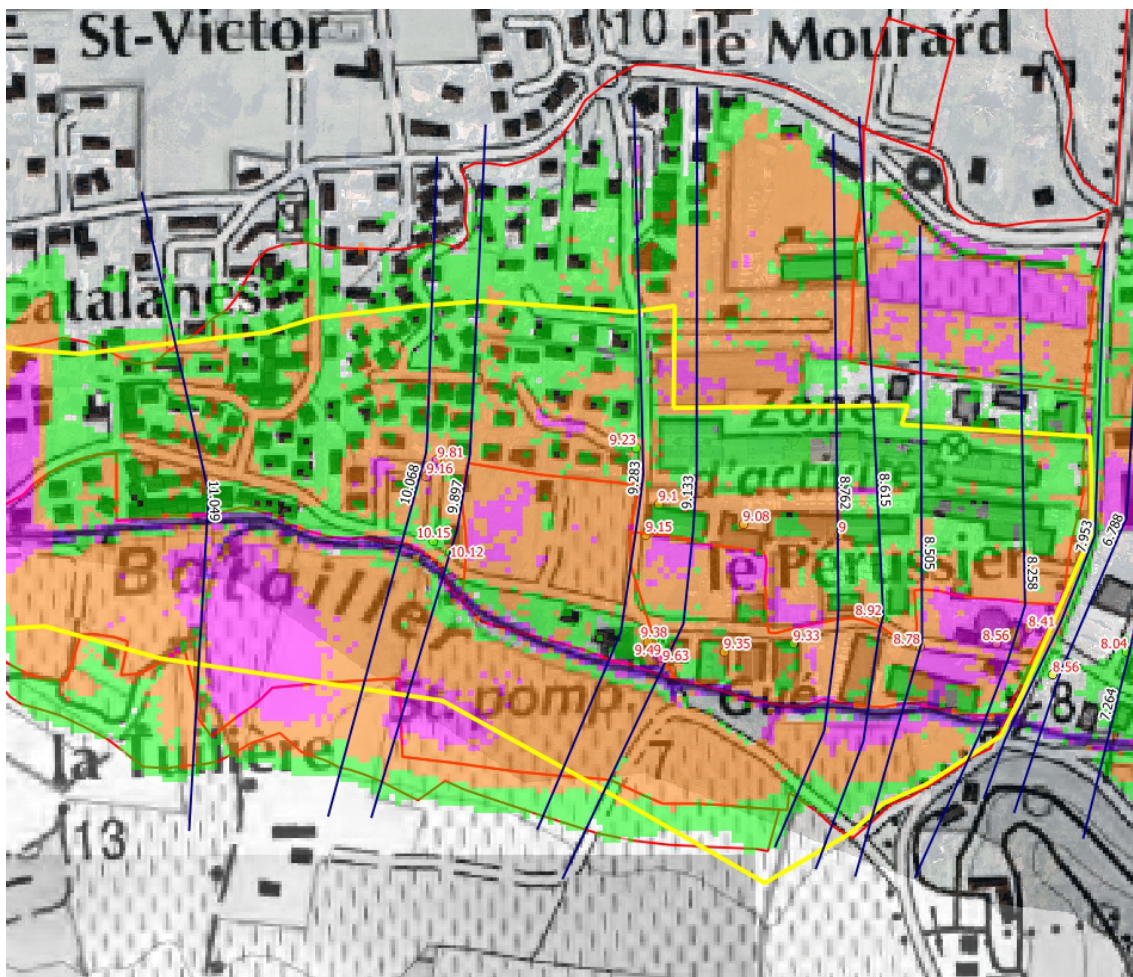


Illustration 40: Résultats pour  $Q = 200\text{m}^3/\text{s}$  en amont de la RD298

Source : Auteurs

Sur le secteur aval à la RD298 (Illustration 41), le modèle Cartino 1D ne prend pas en compte l'effet de surverse sur la chaussée, ainsi il sous-estime le niveau atteint en bordure de lit mineur. C'est pourquoi les cotes modélisées sont largement inférieures aux PHE. Une modélisation 1D casier ou 2D aurait permis de mieux représenter ce secteur. Concernant le reste de la section, ici aussi la modélisation 1D ne permet pas de prendre en compte l'écoulement en lit majeur ainsi que le fonctionnement en casiers, ainsi elle sous estime les niveaux d'eau.

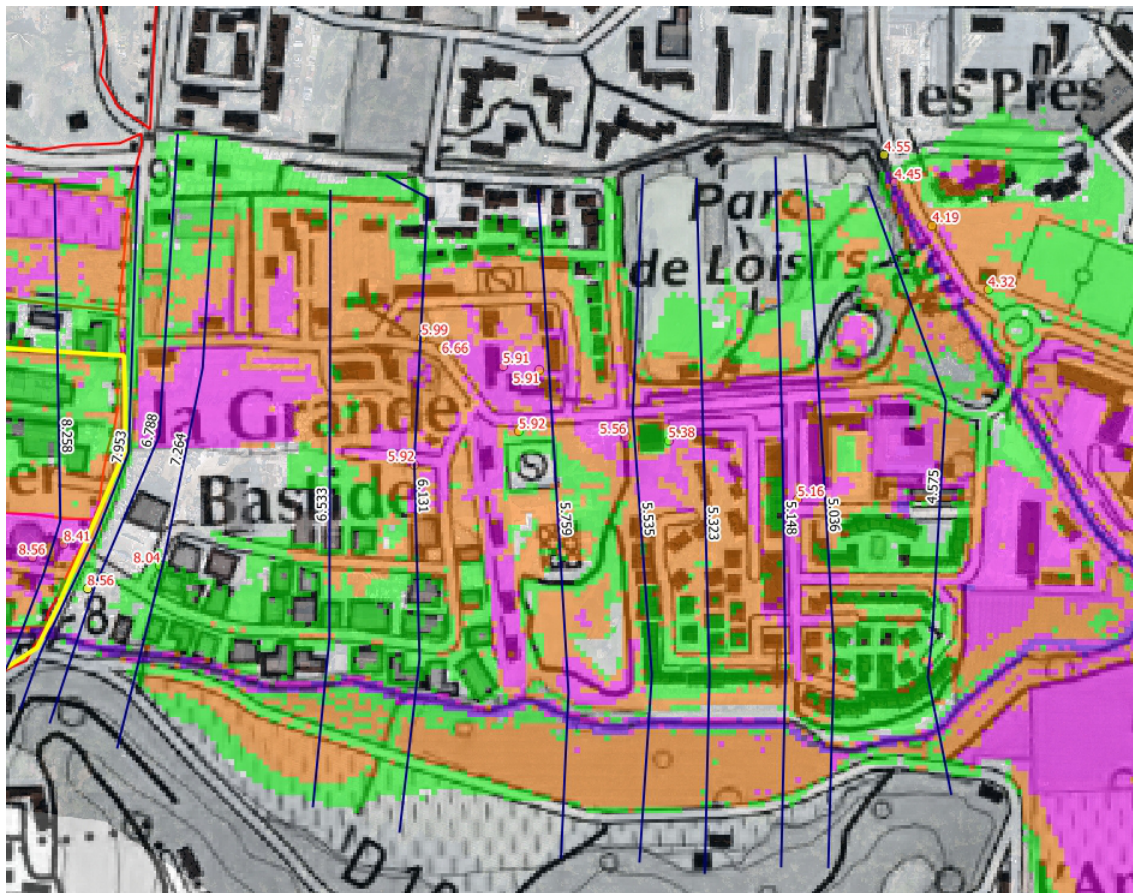


Illustration 41: Résultats pour  $Q = 200\text{m}^3/\text{s}$  en aval de la RD298

Source : Auteurs

### **Conclusion pour le Batailler**

De manière générale, la modélisation 1D Cartino n'est pas adaptée à ce type d'écoulement, en effet sur le secteur d'étude le modèle 1D répartit le débit sur toute la section de calcul, alors qu'en réalité l'écoulement se fait principalement en lit mineur, éventuellement sur des chenaux secondaires en lit majeur. De plus le lit majeur a plutôt un fonctionnement de type casier. Ainsi notre modélisation aurait plutôt tendance à sous-estimer la hauteur d'eau et donc sur-estimer les débits atteints.

Pour aller dans ce sens, si on réalise une analyse rapide à l'amont de la confluence avec le Castellan, où la qualité du MNT est moins bonne (comme vu précédemment) mais où



les écoulements du cours d'eau ont un fonctionnement de type 1D plus classique et proche des hypothèses Cartino, on constate que le débit de 100 m<sup>3</sup>/s est le plus cohérent pour se caler aux PHE.

**Ainsi, nous pouvons estimer que le débit atteint sur le Batailler lors de la crue de janvier 2014 est de l'ordre de 100 à 200 m<sup>3</sup>/s.**

## 2.5 Comparaisons des zones inondables et inondées

### 2.5.1 Les zones inondables connues

#### 2.5.1.1 L'Atlas des Zones Inondables

La circulaire interministérielle (Intérieur, Équipement, Environnement) du 24 janvier 1994, relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables, rappelle la nécessité d'établir la cartographie des risques d'inondations sous forme d'atlas des zones inondables. La cartographie « atlas des zones inondables » constitue un inventaire qui n'a pas la valeur réglementaire d'un plan de prévention des risques d'inondations. Seul ce dernier document, une fois approuvé et annexé aux Plans d'Occupation des Sols ou Plans Locaux d'Urbanisme, est opposable au tiers. La réalisation de l'atlas des zones inondables doit permettre de porter à la connaissance de tous les risques en matière d'inondations. Le document se situe dans la perspective de la loi du 22 juillet 1987 et de son article 21 qui précise que « les citoyens ont droit à l'information sur les risques majeurs auxquels ils sont soumis. Ce droit s'applique aux risques technologiques et aux risques naturels prévisibles ». Cette cartographie rassemble l'information existante et disponible à un moment donné. Des inondations de plus grande ampleur peuvent toujours se produire. La cartographie des zones inondables est donc amenée à évoluer.

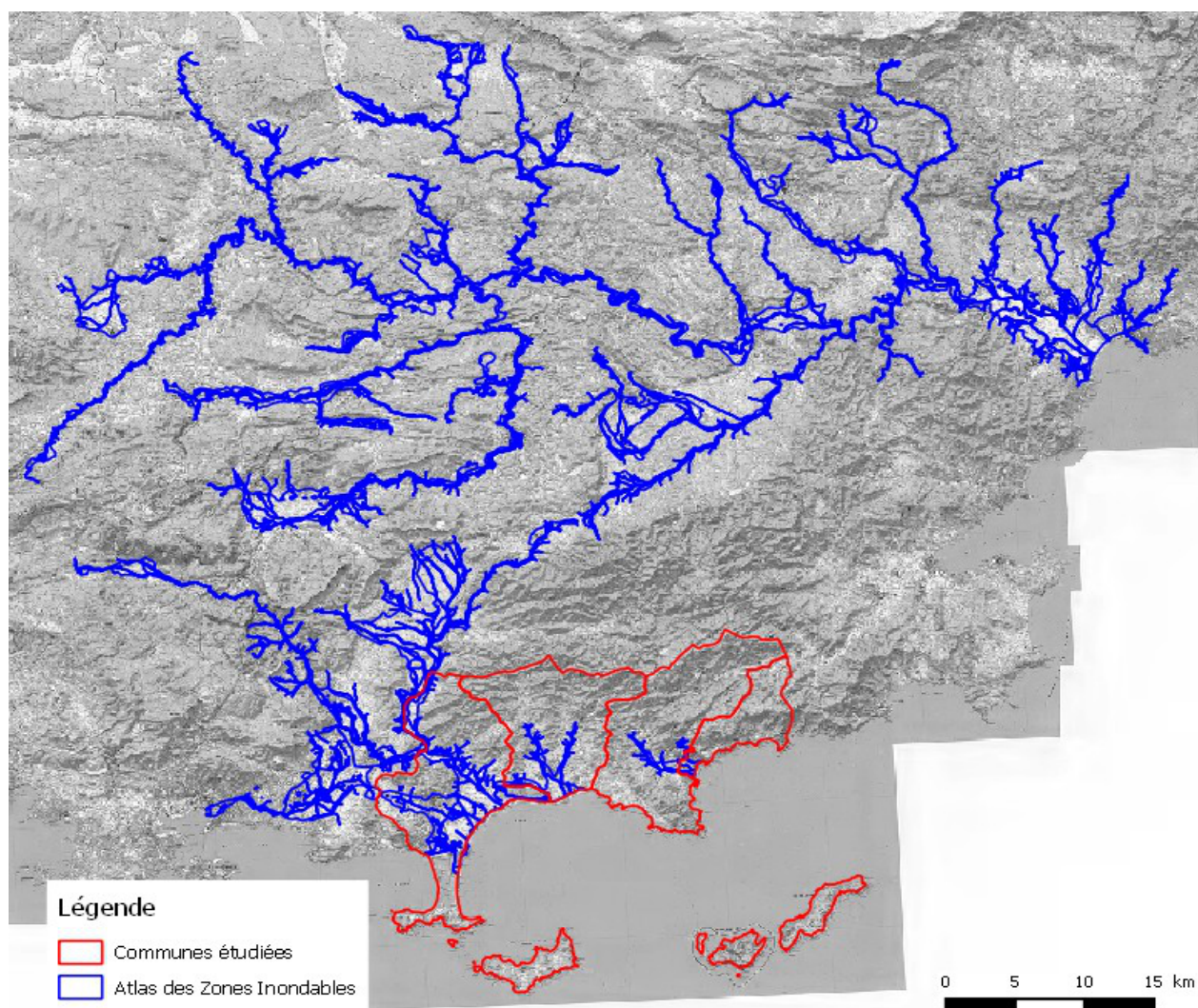
Le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL) élabore et publie dans un but informatif les Atlas des Zones Inondables (AZI). Outre son rôle pour la prise en compte des risques dans l'élaboration des documents d'urbanisme et dans l'application du droit des sols, l'atlas doit constituer un outil de référence pour tout un ensemble d'autres usages ; il doit en particulier :

- guider la programmation des actions de l'État en matière d'établissement des PPRi ;
- guider l'État et les collectivités dans la programmation des études et travaux de protection ;
- aider à l'application de la police de l'eau et des milieux aquatiques (par exemple dans les missions de classement des digues intéressant la sécurité publique, pour la localisation des stations d'épurations par rapport à la zone inondable, les autorisations de remblais en zone inondable, ...) ;
- faciliter l'information préventive des populations (information acquéreurs-locataires,

information du grand public, des professionnels, des décideurs,...) ;

- aider à la mise au point des plans de secours et des plans communaux de sauvegarde ;
- faciliter l'identification des zones d'expansion de crue à conserver, ainsi que des zones de mobilité du lit mineur des cours d'eau.

L'analyse s'appuie sur l'interprétation géomorphologique d'une couverture stéréoscopique de photographies aériennes. La cartographie est par la suite validée par des vérifications sur le terrain (Masson et al., 1996). L'étude et la numérisation ont été réalisées par différents bureaux d'études par département. La DREAL PACA est chargée d'intégrer et structurer les données au niveau régional (Illustration 42).



*Illustration 42: Atlas des Zones Inondables du secteur d'étude*

### **2.5.1.2 Les Plans de Prévention des Risques Inondations**

Les PPRi sont des documents qui contiennent une notice de présentation, un règlement et des cartographies du risque d'inondation (MATE/MEDD, 1999). Dans le département du Var, ils sont réalisés par la Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Var (DDTM83). La carte d'avancement, en avril 2014, des PPRi du Var (Annexe 10) indique les PPRi opposables (document officiel approuvé par le Préfet), les PPRi prescrits (par un arrêté la préfecture demande l'élaboration d'un PPRi) et les PPRi en cours avant prescription (en étude) avant juin 2010.

Les PPRi approuvés sont mis en ligne par le service d'information géographique du Var (SIG Var de la DDTM83). C'est un outil informatique permettant d'organiser et présenter des données géographiques (cartes, réseaux divers, photographies aériennes, etc.), mais également les PPRi du Var classés par communes, par thèmes ou par risques. Ces informations sont accessibles à tous :

- pour le grand public, c'est un accès facile à une information fiable et spécialisée qui est de plus utilisé par les grands systèmes d'informations : GPS, Mappy, Google Earth...
- aux acteurs du Var, administrations et collectivités, c'est un outil d'observation, d'analyse et de connaissance des territoires donc d'aide à la décision.

La DDTM83 a fourni au Cerema DTer Med des tables MapInfo contenant les données SIG de la cartographie du zonage réglementaire issu des aléas des PPRi approuvés dans le Var. Dans notre secteur d'étude, nous disposons des données sur les communes de Hyères (Illustration 45), Fréjus (Illustration 43), Bormes-les-Mimosas / Le Lavandou (Illustration 46) et La Londe-les-Maures (Illustration 48). De plus, nous disposons du PPRi de l'Argens (Illustration 44) qui couvre la totalité du linéaire du cours d'eau.

#### **2.5.1.2.1 PPRi de Fréjus :**

L'illustration 43 montre que la zone inondée lors de cet événement n'a pas touché la commune de Fréjus. En effet, le Reyran, endigué sur la commune, n'a pas débordé.

#### **2.5.1.2.2 PPRi de l'Argens :**

L'illustration 44 ne montre pas de dépassement significatif de la zone inondée sur la zone inondable du PPRi de l'Argens.

#### **2.5.1.2.3 PPRi de Hyères :**

L'illustration 45 montre que le PPRi de Hyères a été largement débordé sur la rive gauche du Gapeau, à l'aval du Réal Martin. La cartographie de ce PPRi (HGM Environnement, 2001) ne prend en compte que le Gapeau alors que ce sont les apports des affluents (Les Borrels, Sainte Eulalie, la Couture, ..) qui ont généré cette zone inondée en janvier 2014.



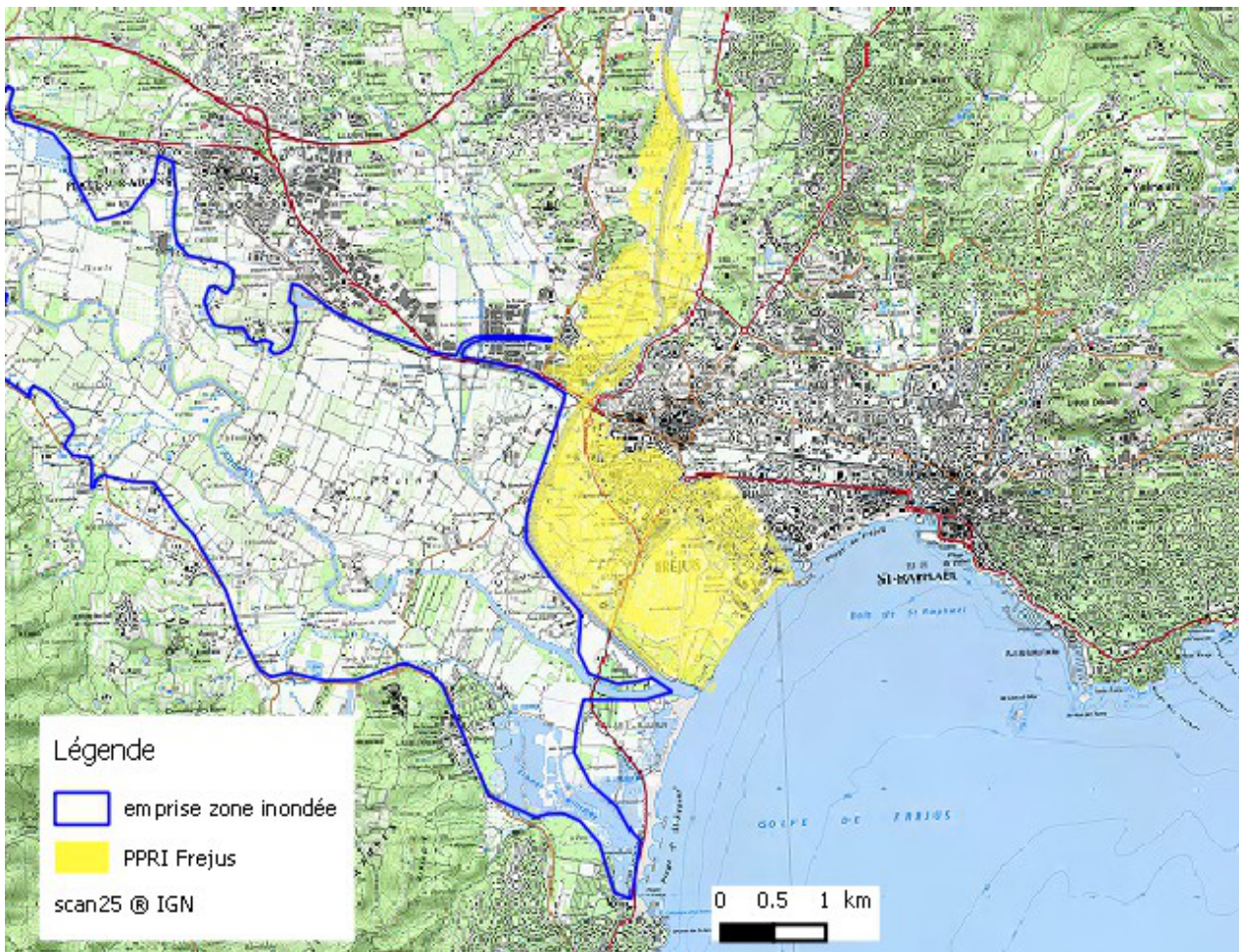


Illustration 43: Limite du PPRi de Fréjus et la zone inondée

Source : Auteurs (Données DDTM83)



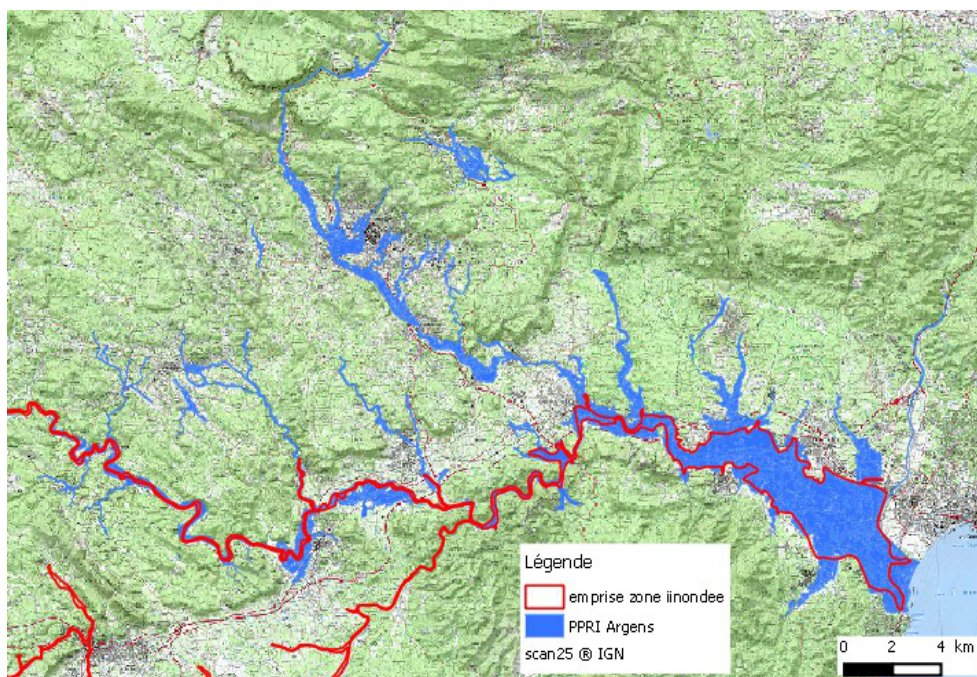


Illustration 44: Limite du PPRi de l'Argens et la zone inondée

Source : Auteurs (Données Safege)

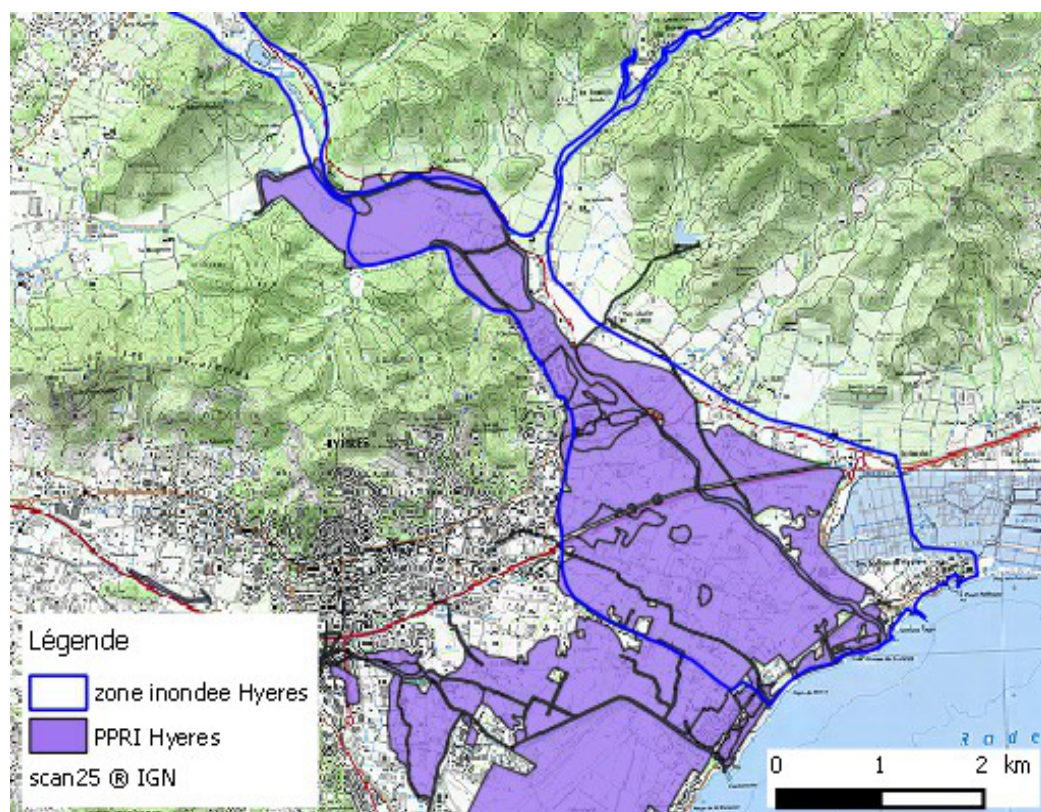


Illustration 45: Limite du PPRi de Hyères (violet) et la zone inondée

Source : Auteurs (Données DDTM83)



#### 2.5.1.2.4 PPRi de Bormes-les-Mimosas et le Lavandou :

Sur la commune de Bormes-les-Mimosas, l'enveloppe de la zone inondée montre qu'elle dépasse localement les limites surfaciques du PPRi en amont de la confluence avec le Castellon (Illustration 47).

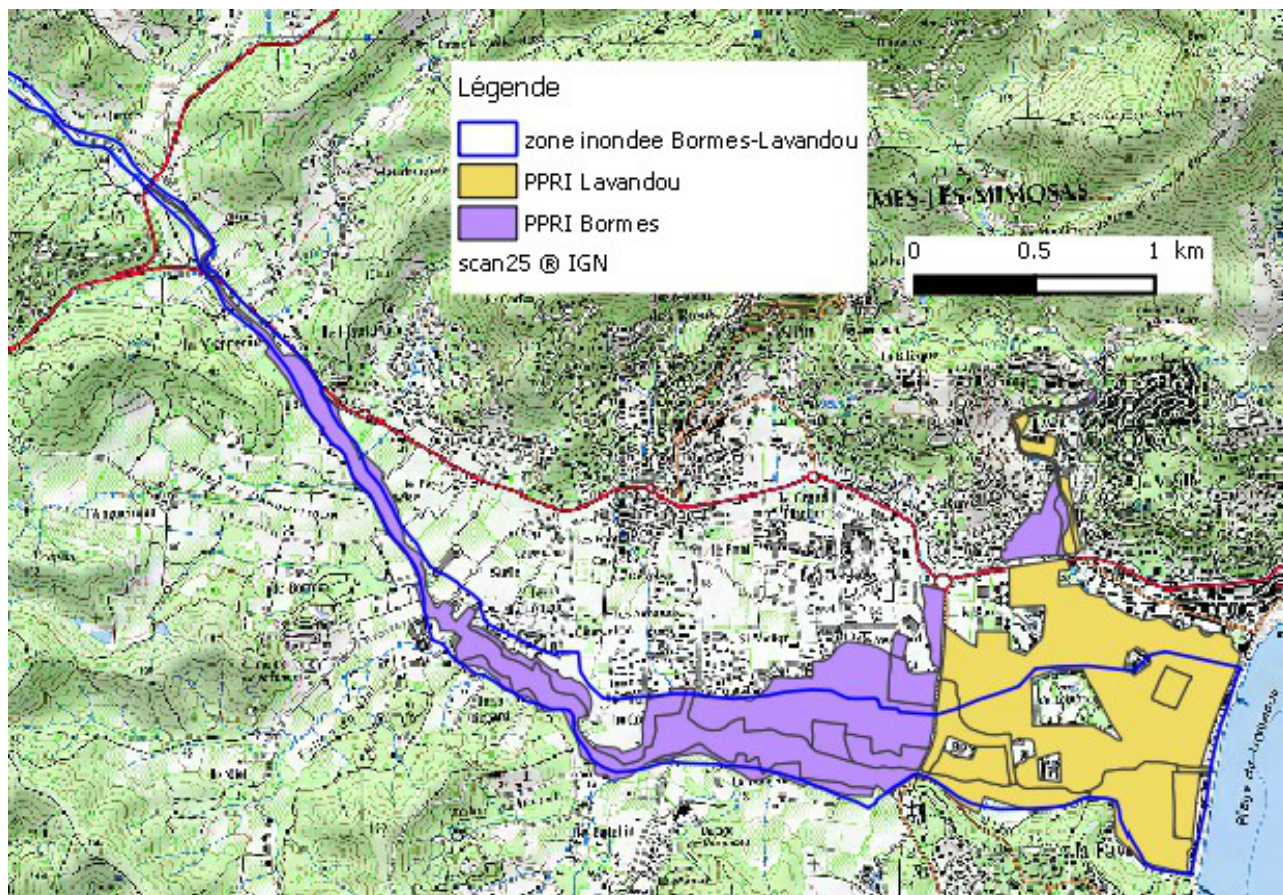


Illustration 46: Limite des PPRi de Bormes-les-Mimosas et Le Lavandou et la zone inondée

Source : Auteurs (Données DDTM83)

En aval de la confluence Castellon-Batailler (où Cartino a été réalisé 2.4.3 en fonction du Lidar), l'étude SIEE (1996) a permis de récupérer les cotes d'eau pour l'événement centennal ayant servi à l'élaboration des cartes d'aléas des PPRi des deux communes. **Cependant on peut noter une incohérence entre la carte d'aléa établie dans cette étude et la carte d'aléa finalisée dans le PPRi.** Malgré tout ces cotes d'eau ont été représentées sur un profil en long pour les comparer aux cotes des lignes d'eau Cartino et les PHE (Illustration 47).

L'étude SIEE présente un modèle à casiers dont les cotes doivent être comparées avec celles des PHE. C'est pourquoi, étant donné que ces niveaux sont généralement situés dans les casiers, il n'est pas cohérent de comparer les PHE seulement avec les cotes d'eau du lit mineur mais plutôt avec celles des niveaux d'eau dans les casiers.



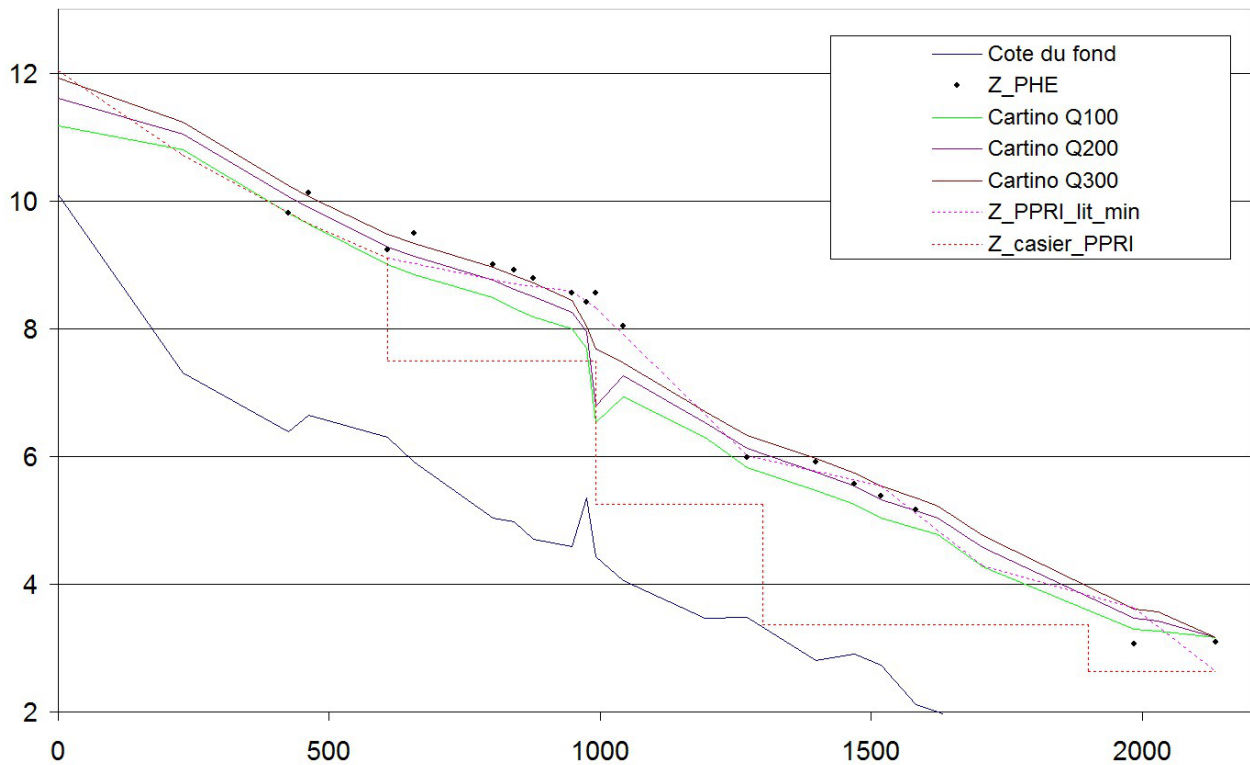


Illustration 47: Profil en long du Batailler – Comparaison PPRI-Cartino-PHE

Source : Auteurs

De manière générale, la zone inondée ne déborde pas la zone inondable du PPRI, par contre les hauteurs d'eau atteintes lors de la crue sont localement plus importantes que celles modélisées dans les casiers du modèle PPRI.

### 2.5.1.2.5 PPRi de La Londe-les-Maures :

Sur le Pansard nous avons extrait de l'étude PPRi les profils en travers de cotes de crue centennale. Ces cotes d'eau ont été reportées sur un profil en long pour les comparer aux cotes des lignes d'eau Cartino et les PHE (Illustration 49).

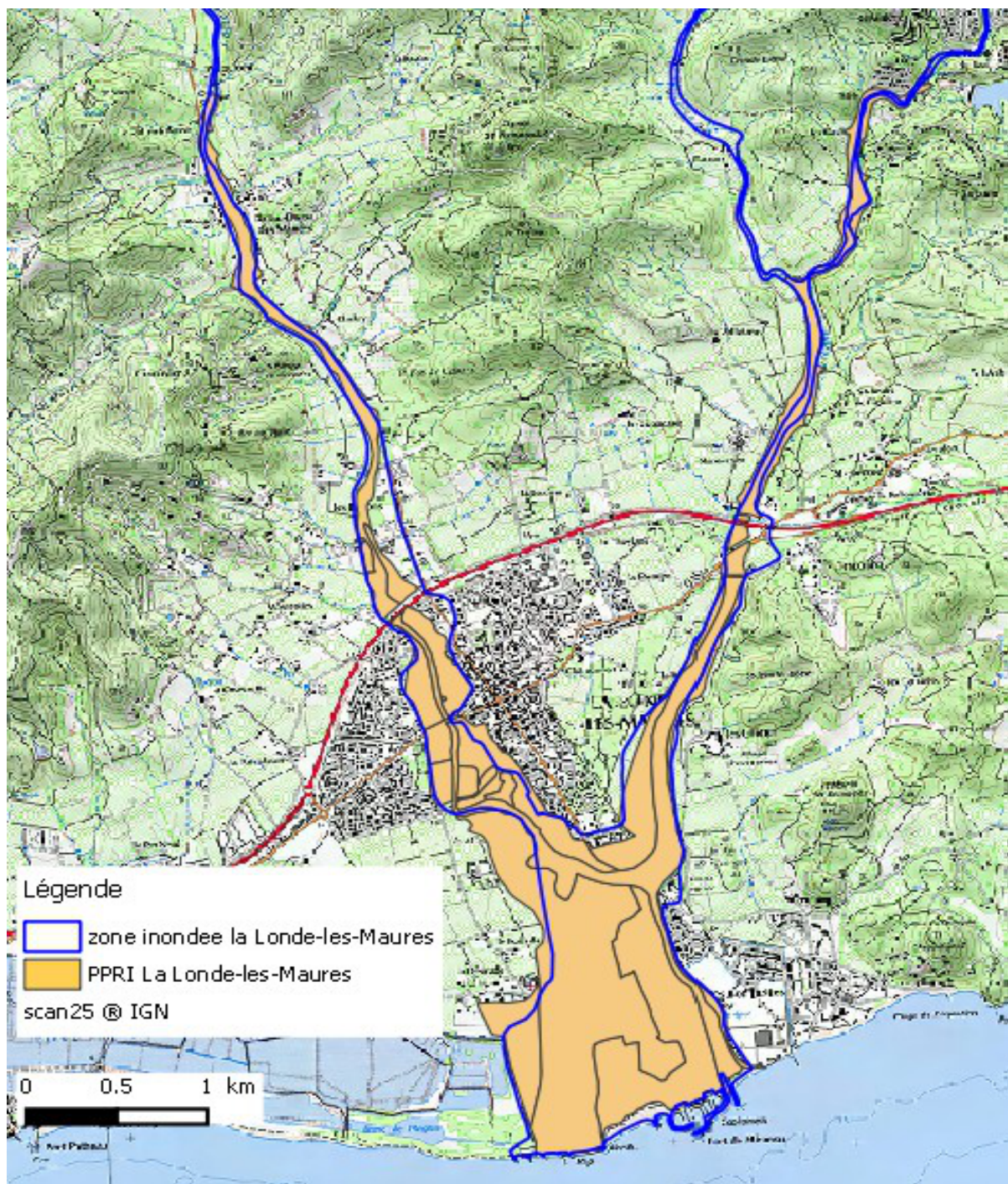


Illustration 48: Limite du PPRi de La Londe-les-Maures et la zone inondée

Source : Auteurs (Données DDTM83)

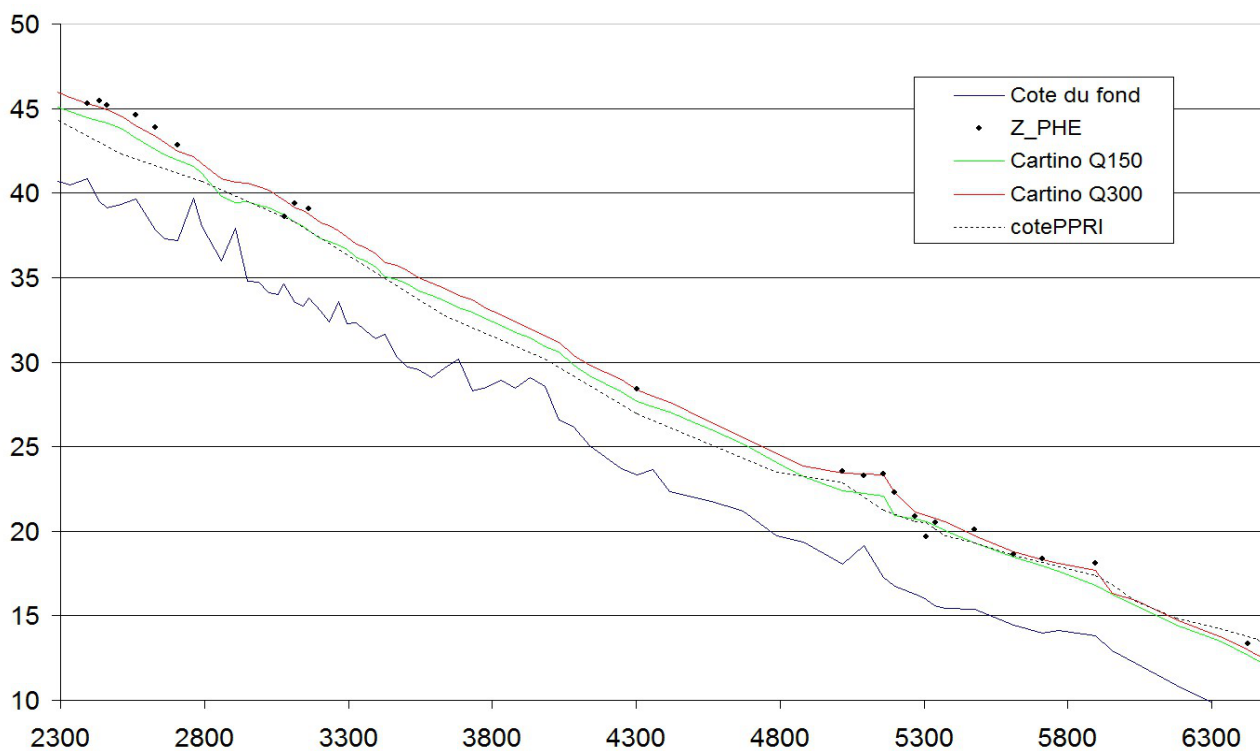


Illustration 49: Profil en long du Pansard – Comparaison PPRI-Cartino-PHE

Source : Auteurs

De manière générale, les niveaux PHE sont au-dessus des niveaux PPRI. Le niveau PPRI étant proche de la modélisation Cartino réalisée avec un débit de 150 m<sup>3</sup>/s.

De même sur le Maravanne nous avons extrait de l'étude PPRI les profils en travers de cotes de crue centennale. Ces cotes d'eau ont été reportées sur un profil en long pour les comparer aux cotes des lignes d'eau Cartino et les PHE (Illustration 50)



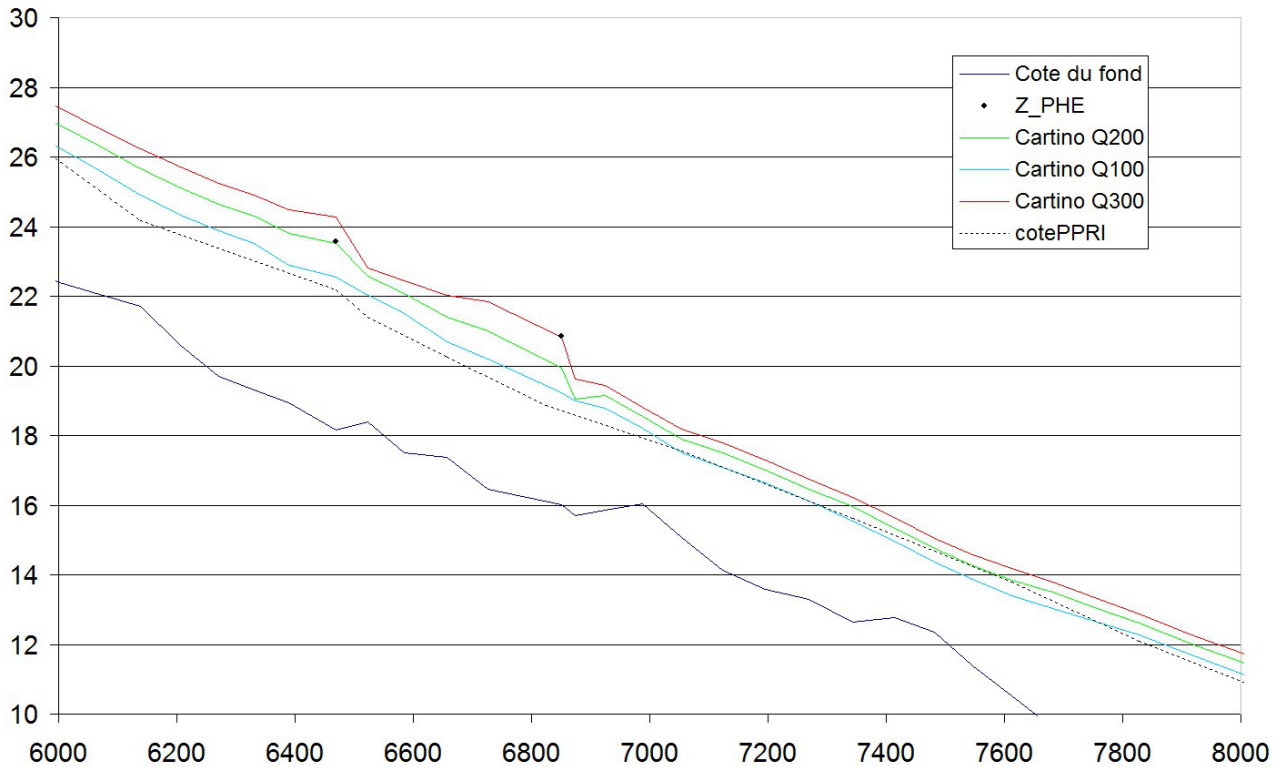


Illustration 50: Profil en long du Maravenne – Comparaison PPRI-Cartino-PHE

De manière générale, les niveaux PHE (seulement deux PHE) sont au-dessus des niveaux PPRI. Le niveau PPRI étant proche de la modélisation Cartino réalisée avec un débit de 100 m<sup>3</sup>/s.

### 2.5.1.3 La cartographie de la Directive Inondation

La Directive 2007/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et la gestion des risques d'inondations dite « Directive Inondation », a pour principal objectif d'établir un cadre pour l'évaluation et la gestion globale des risques d'inondations, qui vise à réduire les conséquences négatives pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associées aux différents types d'inondations dans la Communauté (<http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/gestion/inondations/cartes.php>).

Sur le bassin Rhône-Méditerranée, 31 Territoires à Risques Importants d'inondation (TRI) ont été identifiés par arrêté du Préfet coordonnateur de bassin du 12 décembre 2012. Notre secteur d'étude concerne deux TRI (Illustration 51) sur lesquels la cartographie des scénarios fréquent (10-30 ans), moyen (100-300 ans) et extrême (supérieur à 1000 ans) a été réalisée. Le TRI Est-Var concerne sur l'Argens alors que le TRI Toulon-Hyères concerne le Gapeau. Les autres cours d'eau de notre secteur d'étude n'ont pas l'objet d'une cartographie dans le cadre de la Directive Inondation.

TRI Est-Var sur l'Argens :

[http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/est\\_var/TRI\\_EST\\_VAR\\_CE\\_HT\\_FREQ\\_ARGENS.pdf](http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/est_var/TRI_EST_VAR_CE_HT_FREQ_ARGENS.pdf)

[http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/est\\_var/TRI\\_EST\\_VAR\\_CE\\_HT\\_MOY\\_ARGENS.pdf](http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/est_var/TRI_EST_VAR_CE_HT_MOY_ARGENS.pdf)

[http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/est\\_var/TRI\\_EST\\_VAR\\_CE\\_HT\\_EXT\\_ARGENS.pdf](http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/est_var/TRI_EST_VAR_CE_HT_EXT_ARGENS.pdf)

TRI Toulon-Hyères sur le Gapeau :

[http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/toulon/TRI\\_TOULON\\_CE\\_HT\\_FREQ\\_GAPEAU.pdf](http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/toulon/TRI_TOULON_CE_HT_FREQ_GAPEAU.pdf)

[http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/toulon/TRI\\_TOULON\\_CE\\_HT\\_MOY\\_GAPEAU.pdf](http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/toulon/TRI_TOULON_CE_HT_MOY_GAPEAU.pdf)

[http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/toulon/TRI\\_TOULON\\_CE\\_HT\\_EXT\\_GAPEAU.pdf](http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/docs/dir-inondations/cartes/toulon/TRI_TOULON_CE_HT_EXT_GAPEAU.pdf)

Les Illustration 52 à Illustration 57 ont été construites à partir des données des TRI et de la zone inondée de janvier 2014.

Pour l'Argens, nous pouvons observer que le scénario fréquent ne dépasse pas les limites de la zone inondée en janvier 2014. Cela signifie que la crue peut être qualifiée de supérieur à ce niveau de phénomène. Par contre, pour les scénarios moyen et extrême, les limites sont atteintes à l'aval de la confluence Nartuby-Argens alors qu'à l'aval de nombreux secteurs ne le sont pas. En plus, les limites de l'extension spatiale sont atteintes mais les hauteurs d'eau sont inférieures pour les PHE observées par rapport aux hauteurs de la cartographie du TRI.

Pour le Gapeau, nous ne pouvons observer que la cartographie à l'aval de la confluence avec le Réal Martin. La zone inondée dépasse souvent les limites du scénario fréquent. Le scénario moyen présente des incohérences dans la cartographie et n'est donc pas comparable à la zone inondée en 2014. Les limites cartographiques de la zone inondée se rapprochent de celles du scénario extrême mais les hauteurs d'eau sont très supérieures dans le cas du zonage du TRI.

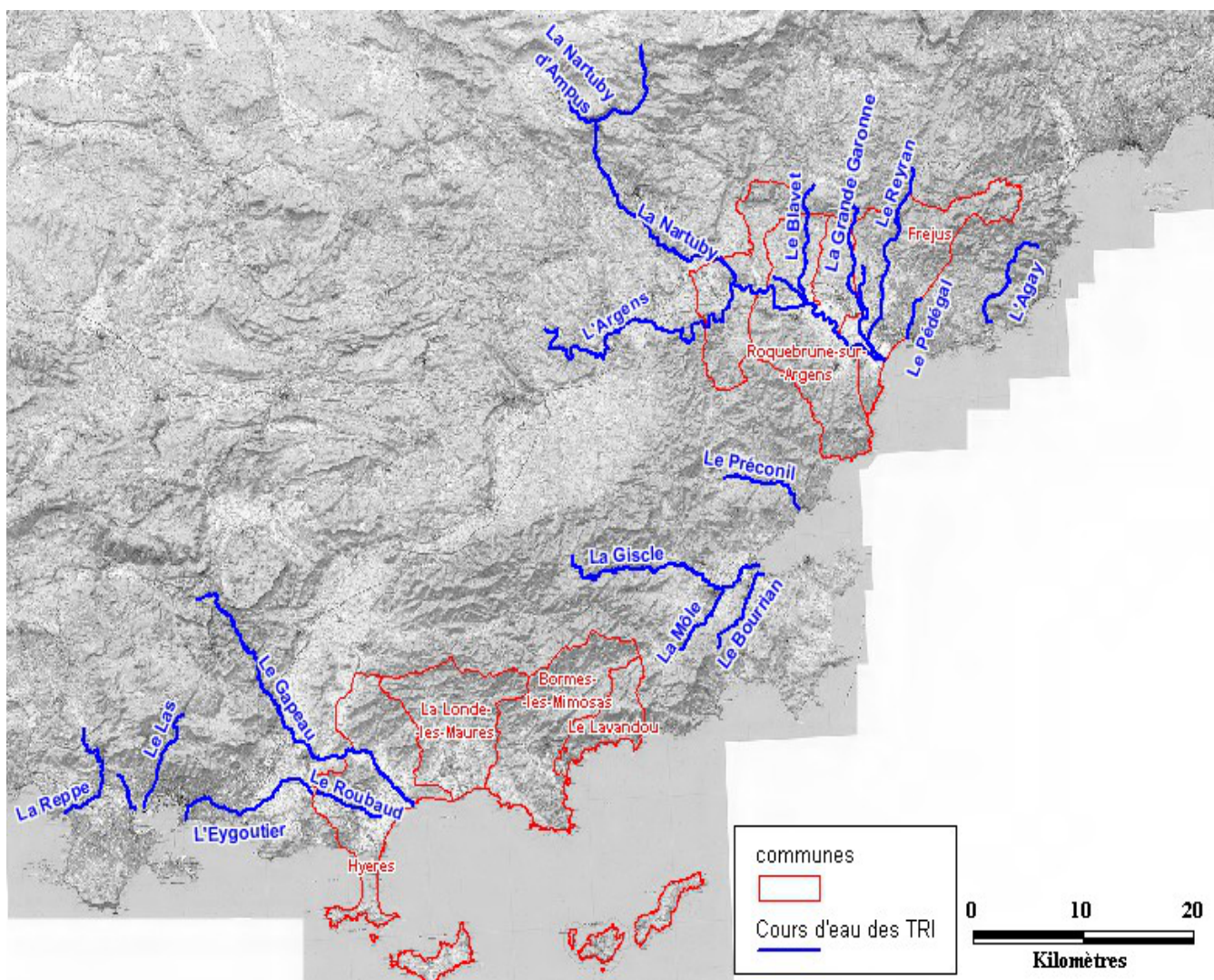


Illustration 51: Localisation des cours d'eau des 2 TRI

Source : Auteurs



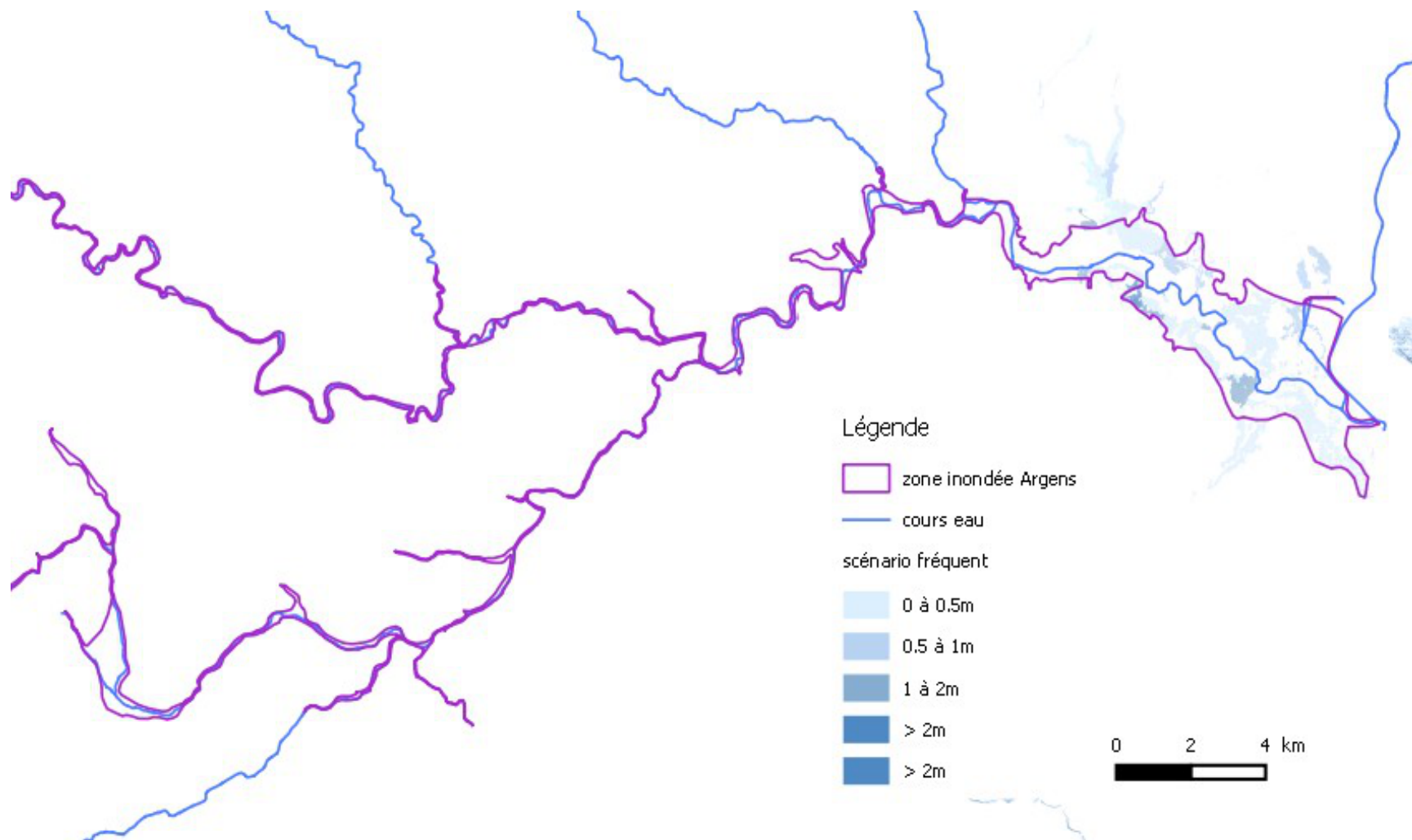
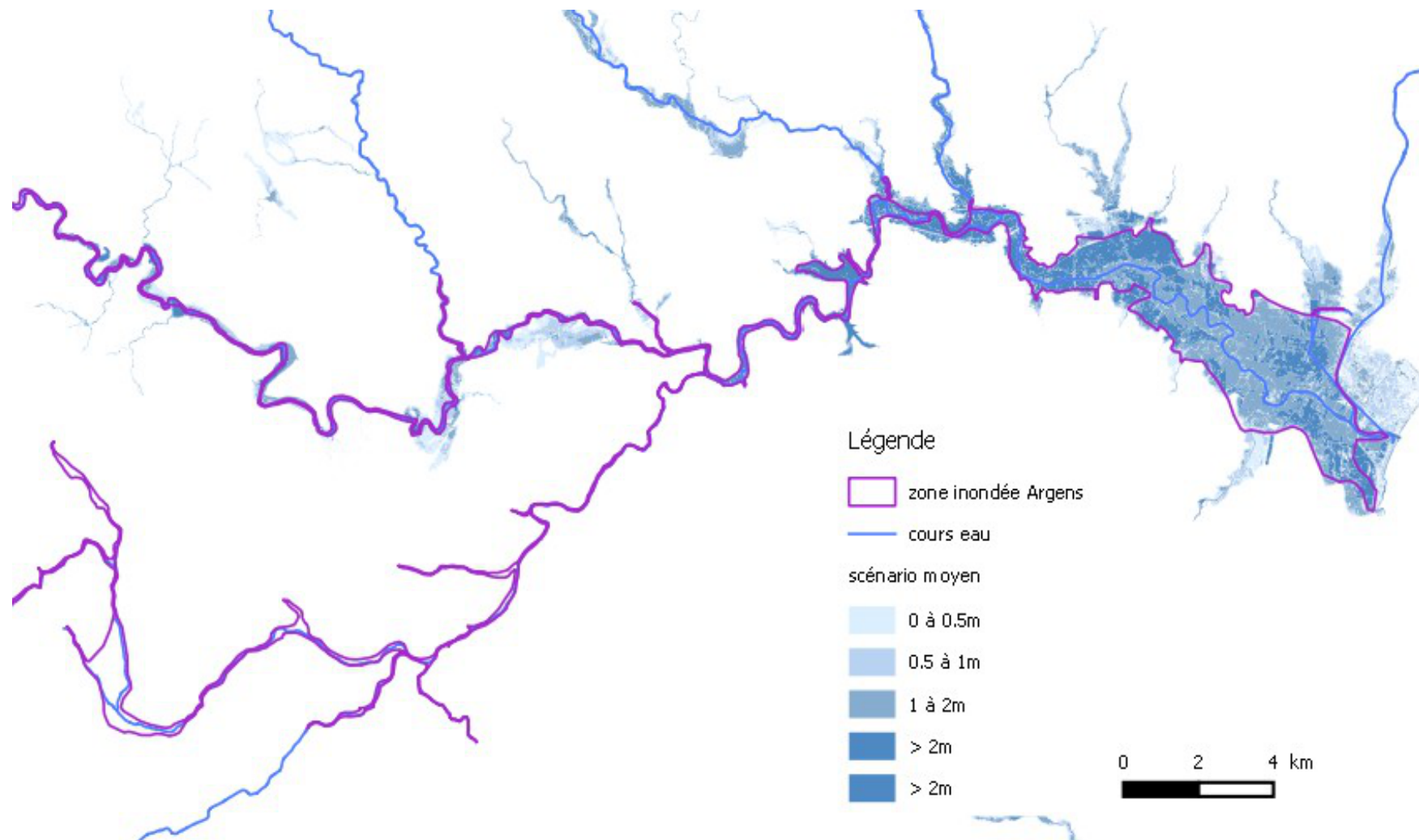


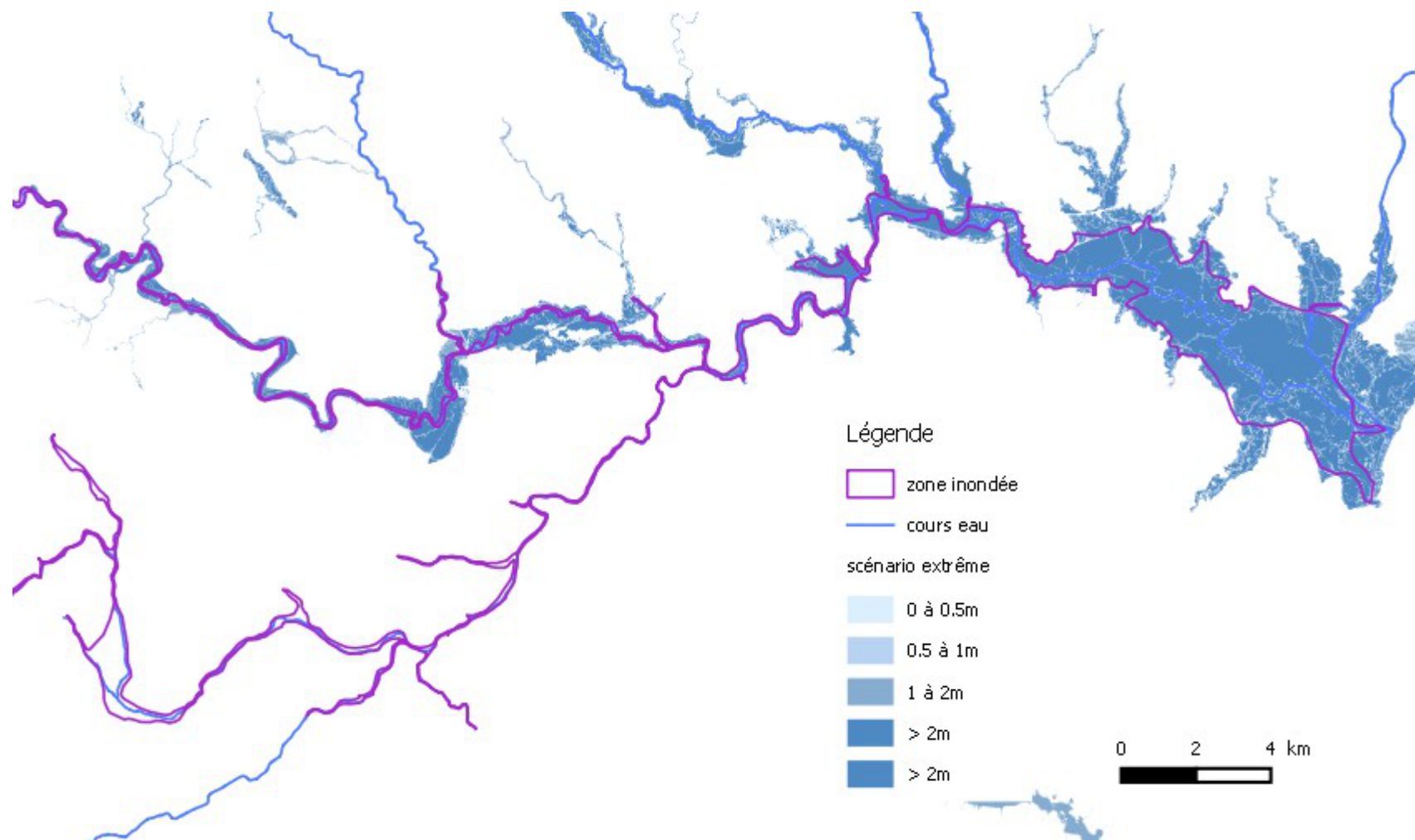
Illustration 52: Scénario Fréquent sur l'Argens

Source : Auteurs à partir des données TRI



*Illustration 53: Scénario Moyen sur l'Argens*

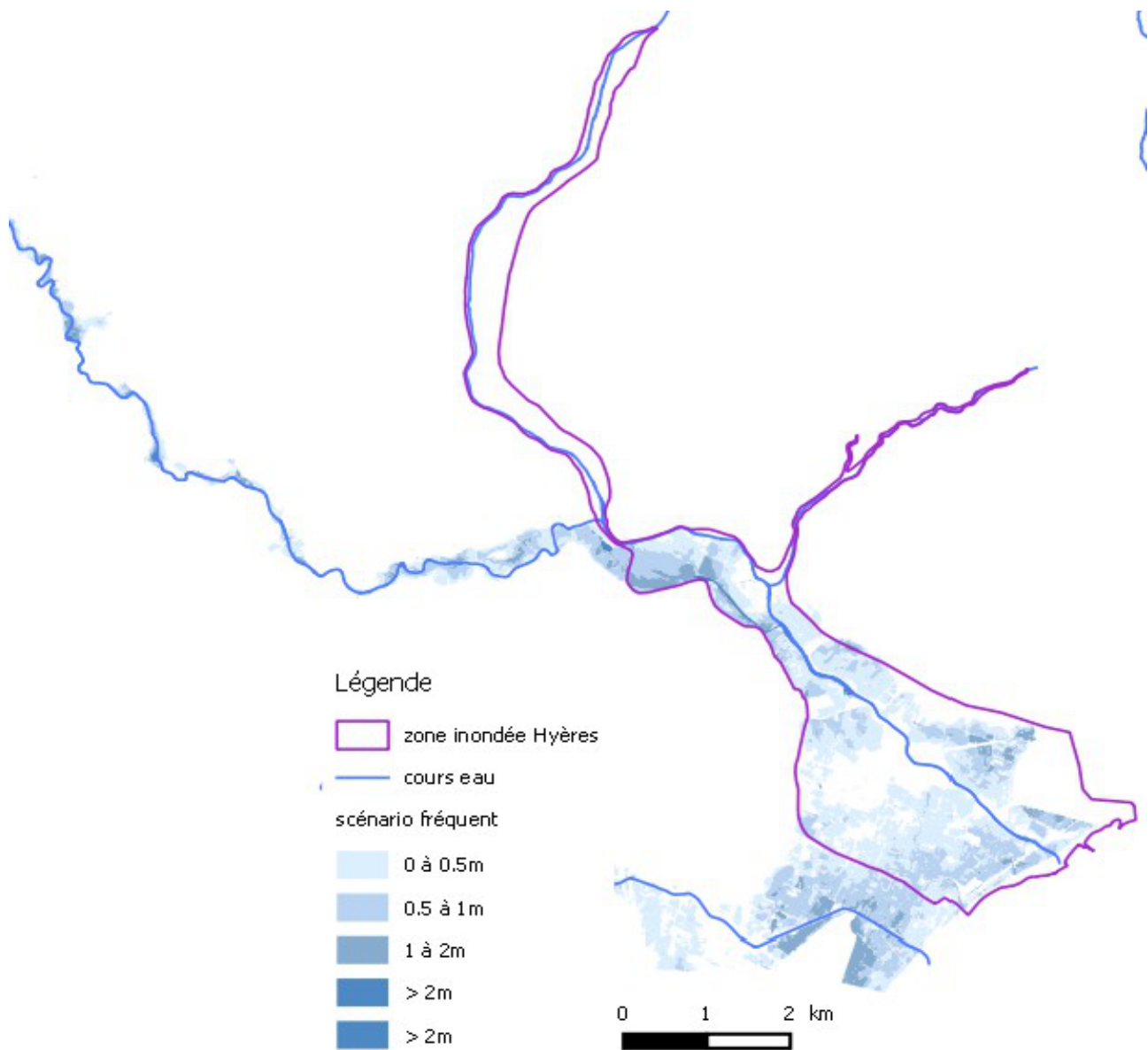
*Source : Auteurs à partir des données TRI*



*Illustration 54: Scénario Extrême sur l'Argens*

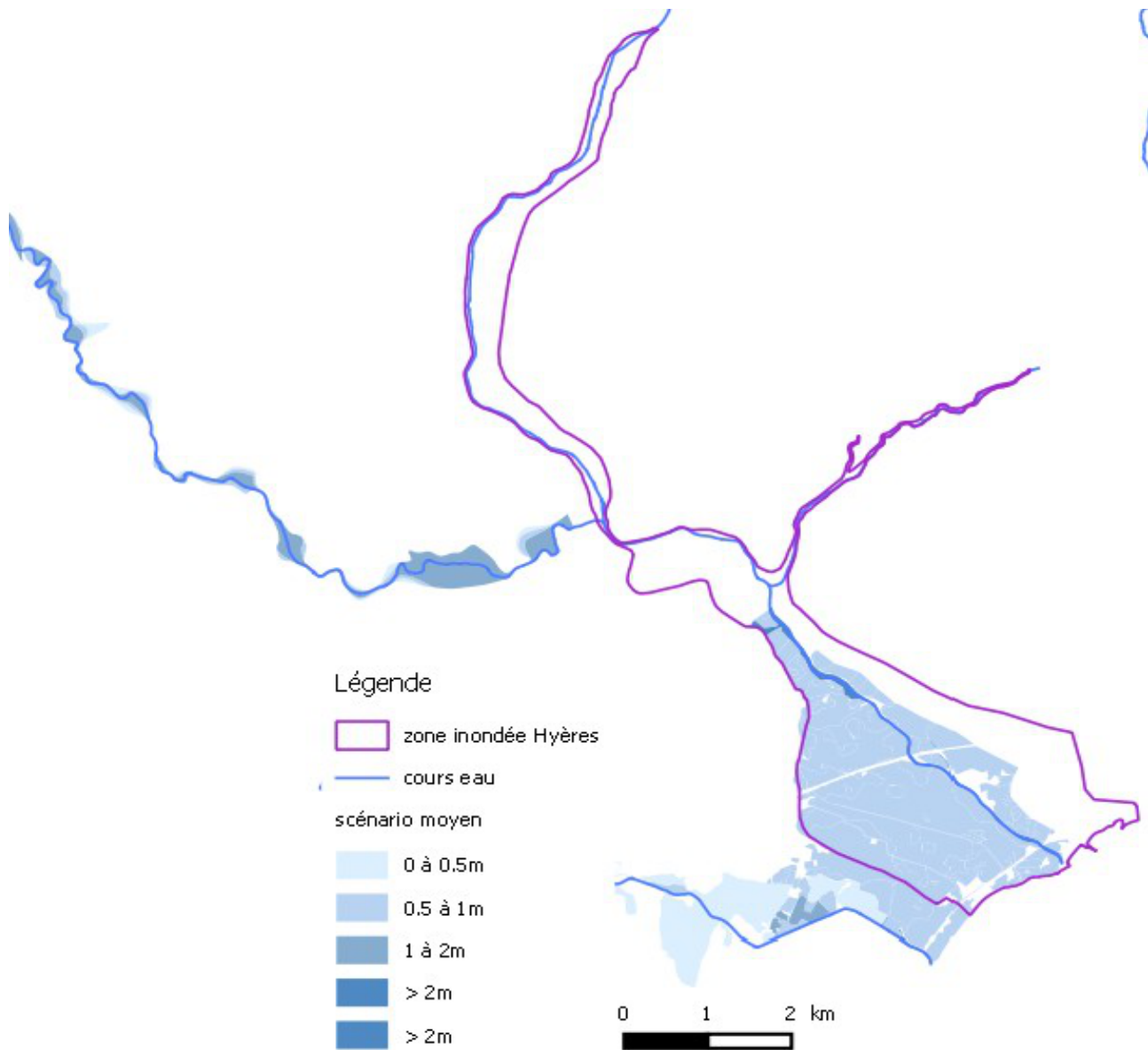
*Source : Auteurs à partir des données TRI*





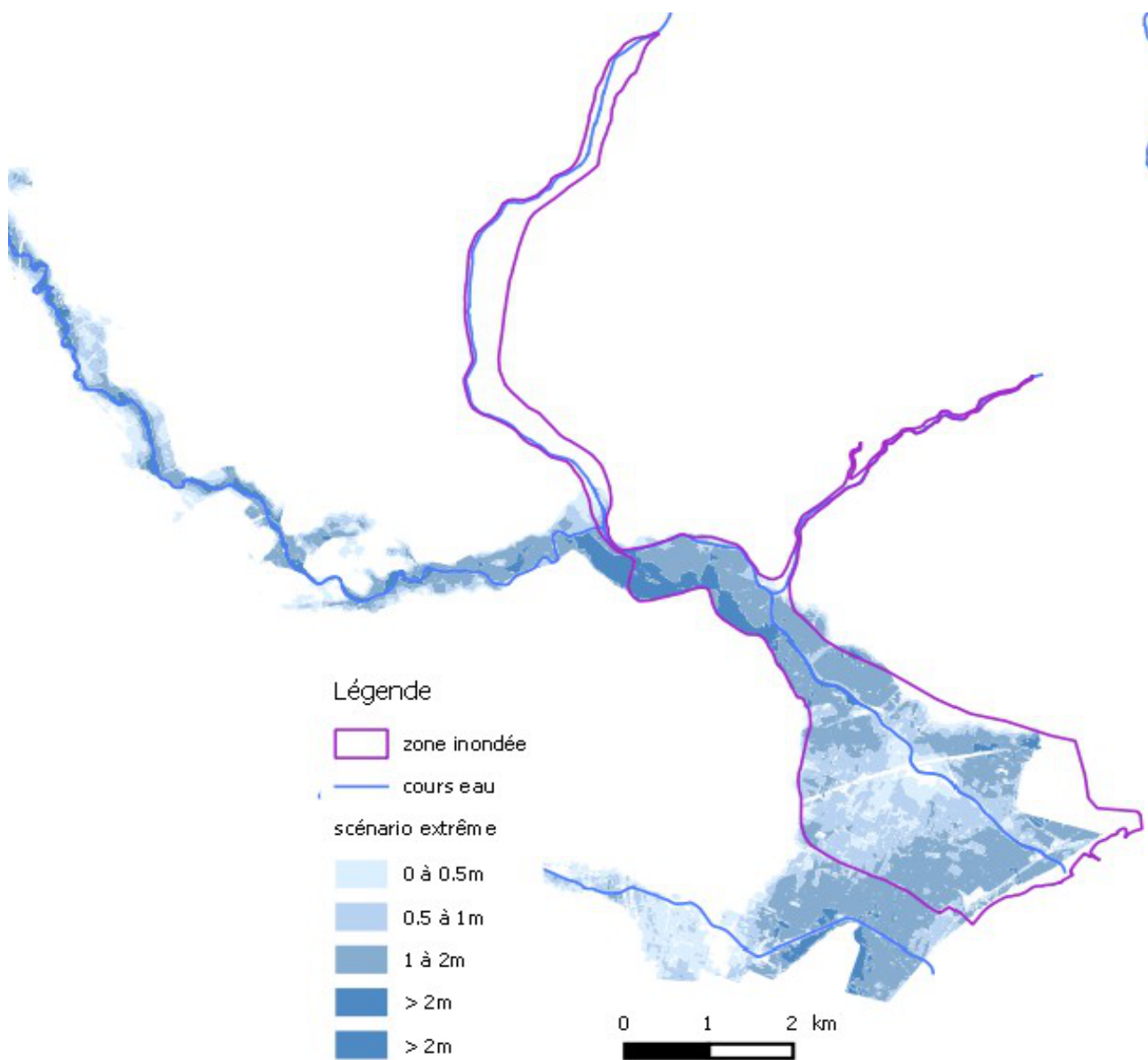
*Illustration 55: Scénario Fréquent sur le Gapeau*

*Source : Auteurs à partir des données TRI*



*Illustration 56: Scénario Moyen sur le Gapeau*

*Source : Auteurs à partir des données TRI*



*Illustration 57: Scénario Extrême sur le Gapeau*

*Source : Auteurs à partir des données TRI*



## 2.5.2 La zone inondée en juin 2010

Les intempéries de juin 2010 touchant la Dracénie dans le département du Var ont essentiellement entraîné des débordements des cours d'eau et des dégâts importants sur de grandes superficies. L'extension du phénomène météorologique (Illustration 58) montre les hauteurs de précipitations (en mm) en 1 jour (du 15 Juin 2010 à 6 h UTC au 16 Juin à 6 h UTC). Les précipitations les plus importantes se sont concentrées sur le secteur des Arcs et de Draguignan avec des maximums atteignant 456 mm près de Lorgues.

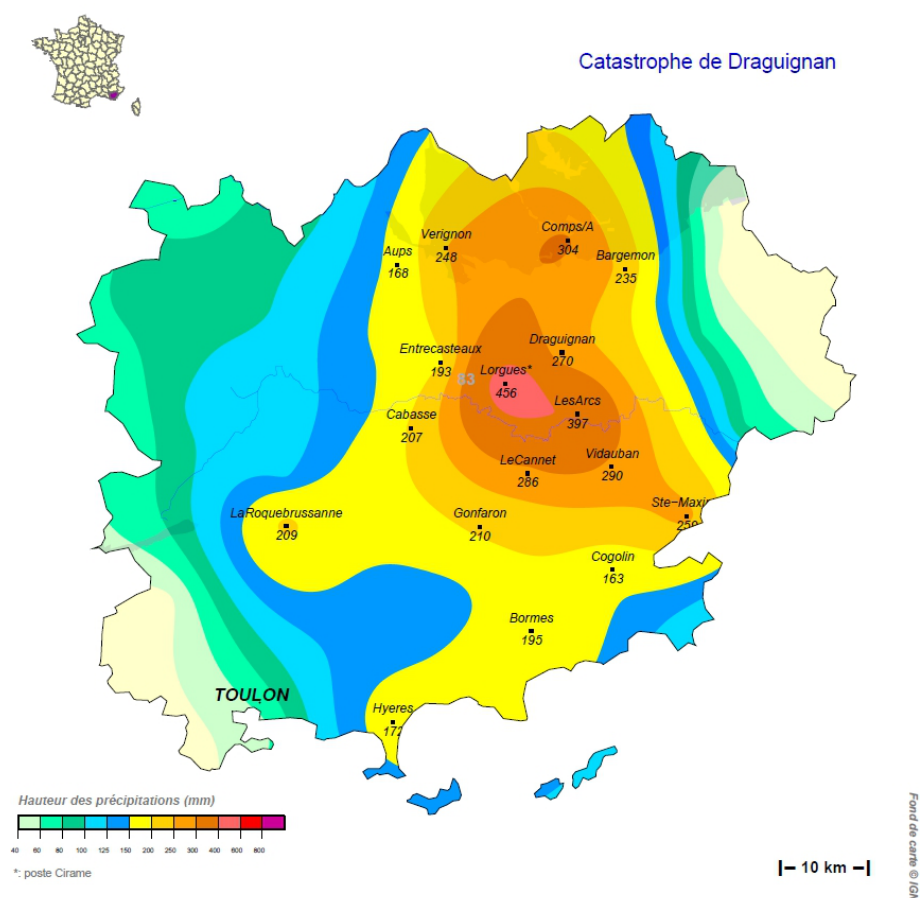


Illustration 58: Cumuls des pluies en juin 2010

Source : Météo France (<http://pluiesextremes.meteo.fr>)

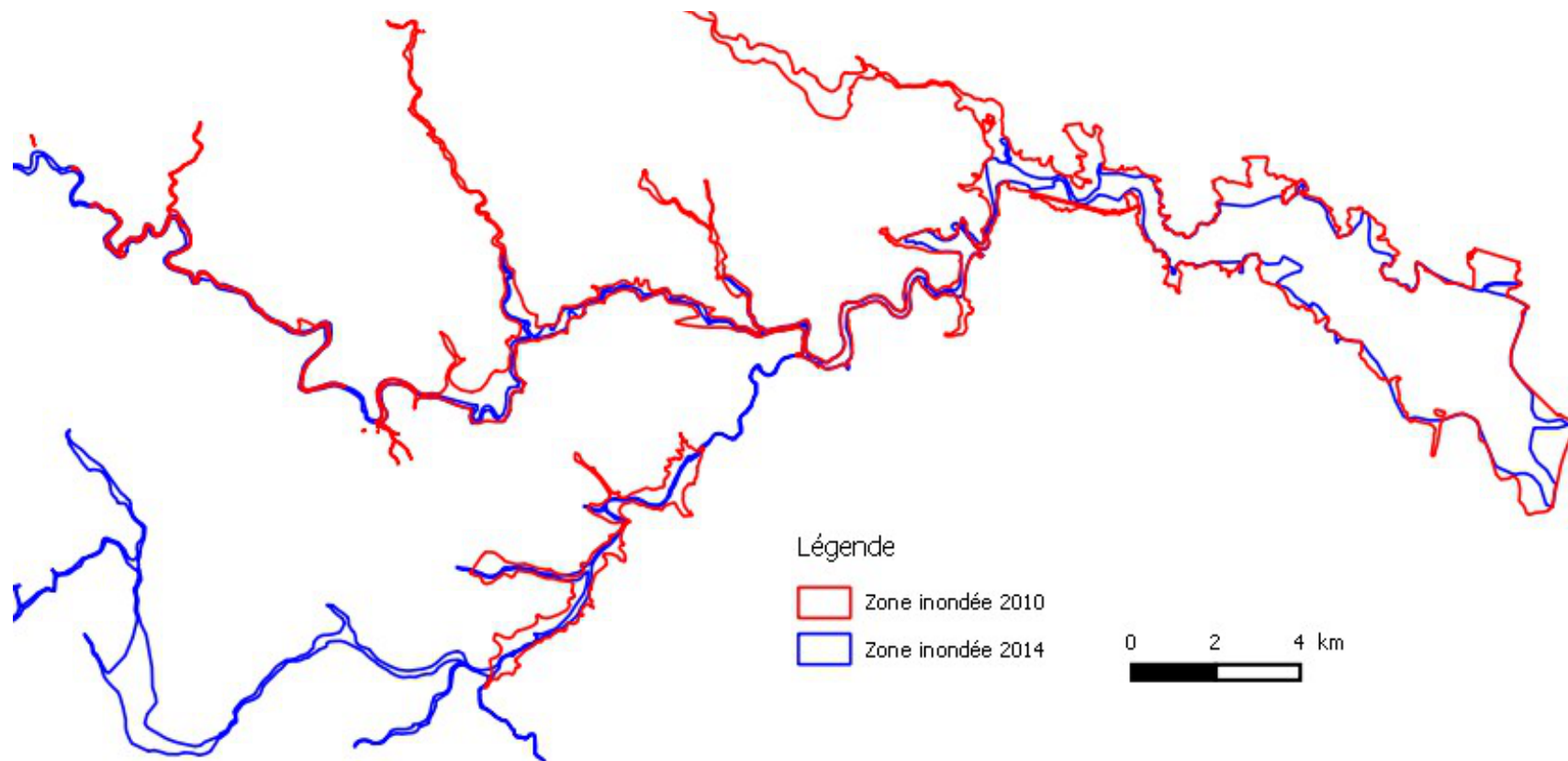
Le département du Var a subi au cours des 15 et 16 juin 2010, un événement pluviométrique exceptionnel qui a provoqué des inondations majeures et malheureusement dramatiques. Afin de ne pas perdre les enseignements de cet événement et dans le but de bénéficier d'un retour d'expérience de la crue de juin 2010, la Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Var (DDTM83) associée à la Direction Régionale de l'Aménagement et du Logement (DREAL) PACA et au Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations (SCHAPI) a réalisé en

première urgence une campagne de repérage des laisses de crues et l'établissement d'une cartographie de l'enveloppe de la crue sur le bassin versant- de l'Argens et ses affluents.

Pour la Nartuby, les bureaux d'études EGIS Eau et GINGER ont réalisé le relevé sur le terrain des laisses de crues sur l'ensemble du linéaire de la Nartuby sur les communes de Draguignan, Trans-en-Provence, La Motte et le Muy, jusqu'à la confluence avec l'Argens. Ils ont aussi déterminé partiellement l'enveloppe maximale des zones inondées.

Pour l'Argens, les bureaux d'études EGIS Eau, Safege et GINGER ont réalisé le relevé sur le terrain des laisses de crues sur l'ensemble du linéaire de l'Argens des communes du Muy, de Roquebrune-sur-Argens, de Puget-sur-Argens et de Fréjus ; et ont aussi déterminé l'enveloppe maximale des zones inondées.

Les trois bureaux d'études (EGIS, GINGER et SAFEGE) ont fourni des données SIG liées à la zone inondée relevée sur le terrain. A partir de ces données, le CETE Méditerranée (2012), a complété ces informations partielles afin d'obtenir l'enveloppe de la zone inondée en juin 2010 sur l'Argens et ses affluents. Cette zone inondée en juin 2010 est comparé, sur l'illustration 59, à celle de janvier 2014.



*Illustration 59: Comparaison Zone Inondée 2010 et Zone Inondée 2014*

*Source : Auteurs (à partir des données Safege 2014 et CETE Méditerranée 2012)*



Cette crue de juin 2010 a fait l'objet de nombreuses campagnes de terrain. Elles ont permis de faire un relevé de la zone inondée mais aussi de définir des fiches de Plus Hautes Eaux.

Suite à cette crue de juin 2010, trois bureaux d'études (EGIS, GINGER et SAFEGE) ainsi que le Centre d'Études Techniques de l'Équipement Méditerranée (CETE Méditerranée) ont parcouru le bassin versant de l'Argens et ses affluents.

Le CETE Méditerranée a capitalisé ces informations sous la forme d'un SIG. Au total, 1187 PHE sont disponibles.

Nous avons comparé ces PHE de juin 2010 à celles relevées lors de la crue de janvier 2014. L'objectif est de trouver les PHE les plus proches les unes des autres en définissant un rayon d'intersection. Nous avons fait un choix arbitraire de comparer les PHE de juin 2010 à celles de janvier 2014 seulement si elles se trouvaient dans un rayon de 10 m (Tableau 10).

<b>Organisme</b>	PHE 2010	PHE 2014 communes à 200 m	PHE 2014 communes à 20 m	PHE 2014 communes à 10 m
CETE Méditerranée	76	34	7	3
EGIS (sur l'Argens)	158	55	19	16
EGIS (sur la Nartuby)	171	0	0	0
GINGER	755	52	10	6
SAFEGE	27	1	1	1
<b>Total</b>	1187	142	37	26

*Tableau 10: PHE communes en fonction du rayon d'analyse*

Ces 26 PHE sont identifiées seulement sur le bassin versant de l'Argens et ses affluents.

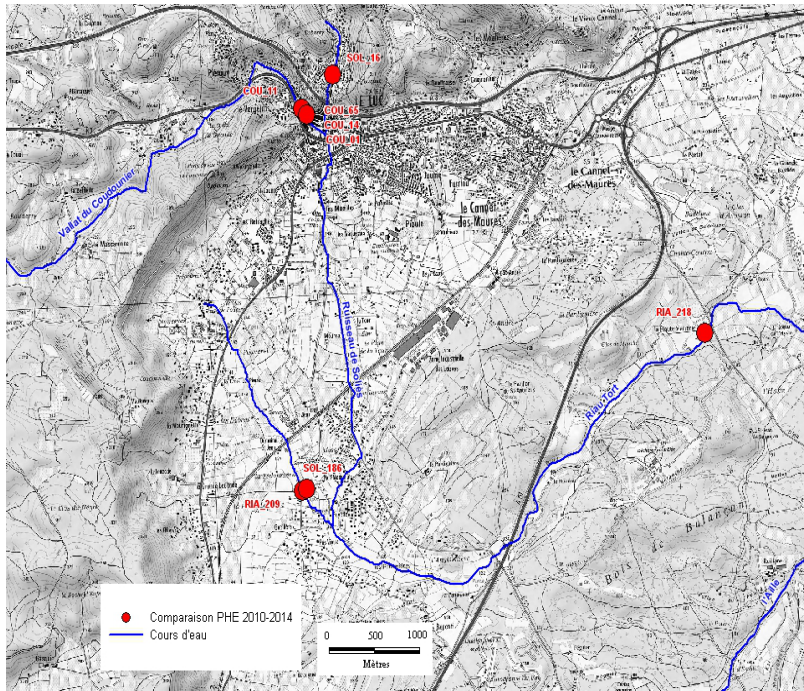
Nous avons recherché les fiches de chacune de ces PHE afin de faire une comparaison entre les relevés de juin 2010 et de janvier 2014.

Ainsi nous avons pu analyser l'ensemble des 21 fiches de juin 2010 (Annexe 11) et les 26 fiches de janvier 2014 (Annexe 11).

L'illustration 60 montre les PHE sur le secteur du Luc où les cours d'eau sont le ruisseau de Soliès, le Vallat du Coudounier et le Riau Tort.

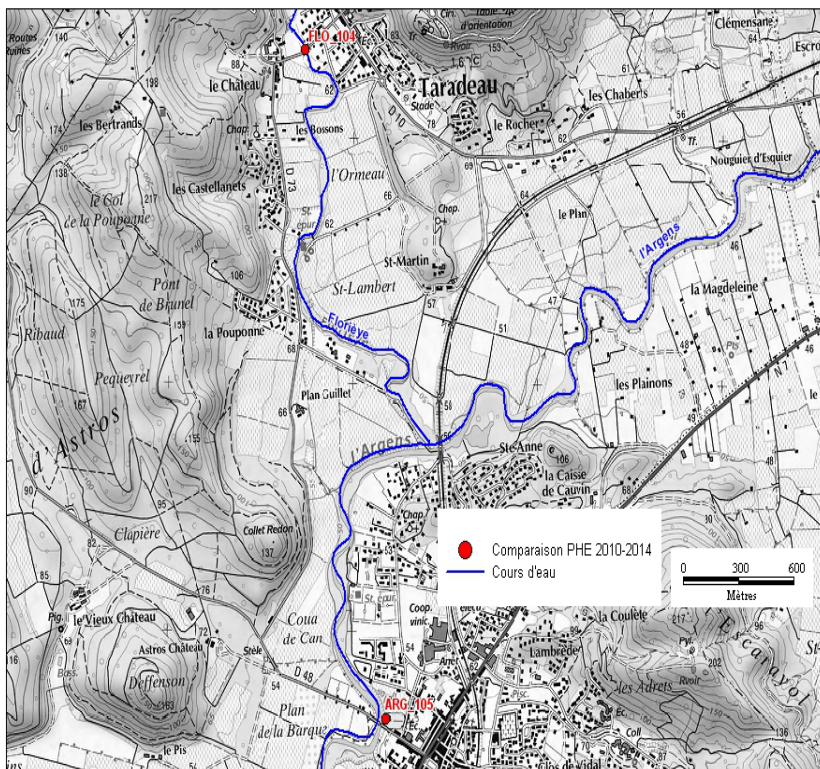
L'illustration 61 montre les PHE sur le secteur de Taradeau avec la Florièye qui conflue en rive gauche de l'Argens

L'illustration 62 montre les PHE sur le secteur de l'Argens dans la partie aval où les cours d'eau sont la Garonne et l'Argens.



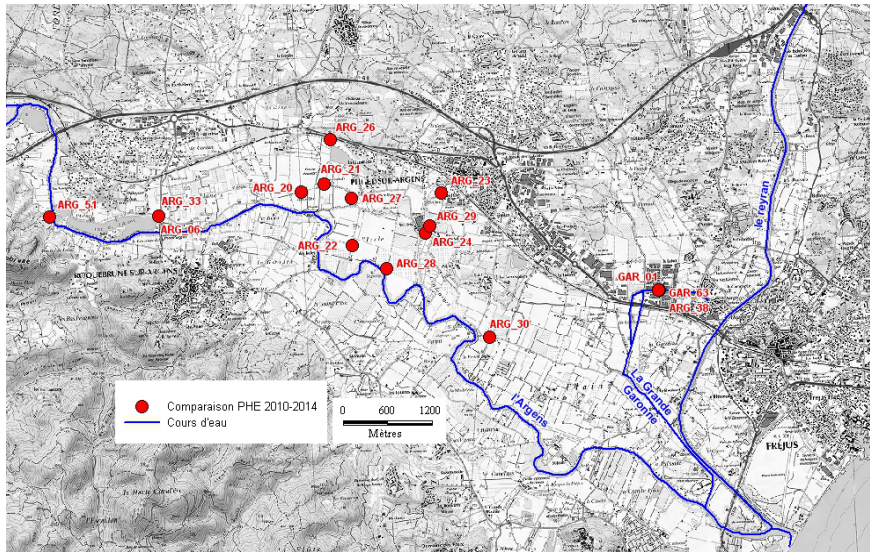
**Illustration 60: Secteur de Soliès, Coudounier et Riau Tort (8 PHE comparables)**

Source : Auteurs



**Illustration 61: Secteur de la confluence Florièye-Argens (2 PHE comparables)**

Source : Auteurs



*Illustration 62: Secteur de l'Argens aval et La Garonne (16 PHE comparables)*

*Source : Auteurs*

Sur ces 26 PHE comparables, nous pouvons dénombrer :

- 7 n'ont pas été nivelées en 2010 ou/et en 2014 (RIA\_209, SOL\_16, SOL\_186, ARG\_51, GAR\_63, COU\_65 et FLO\_104)
- 4 PHE de 2010 sont inférieures à celles de 2014 (COU\_01, COU\_11, COU\_14 et RIA\_218)
- 15 PHE de 2010 sont supérieures à celles de 2014.

Sur le Coudounier sur la commune du Muy, les PHE (COU\_01, COU\_11 et COU\_14) sont toutes les trois supérieures de 36 cm à celles de juin 2010. Cette différence a été expliquée par la présence d'embâcles en amont du porche de la rue du Ravelet (voir Annexe 3) avec de nombreuses voitures bloquant l'écoulement des eaux.

Sur le Riau Tort sur la commune du Cannet-des-Maures, la PHE RIA\_218 est supérieure de 81 cm à celle de juin 2010. L'analyse des deux fiches montre qu'il y a une erreur sur le nivellement. Pour la PHE de 2010, le seuil de la porte est relevé à 80,95 mNGF alors qu'il est à 81,61 mNGF lors du nivellement de 2014. Malgré cette erreur, on peut s'apercevoir que le niveau d'eau atteint est de 45 cm en 2010 et de 60 cm en 2014. Ce secteur se situe 100 m en aval de l'ouvrage de la RD558 dont nous n'avons pas recueilli d'information sur une mise en charge éventuelle qui peut entraîner une surcote d'eau.



### 3 Conclusion

Le présent rapport constitue le volet 1 « caractérisation de l'événement » du retour d'expérience des inondations de janvier 2014 qui ont touchées le département du Var.

Il est le fruit d'un travail commun entre les services de l'État et les principaux acteurs techniques du territoire.

Ces résultats permettent de caractériser précisément les phénomènes en jeu (nature, intensité, période de retour...) et de les comparer à la connaissance actuelle issue d'études ou d'événements passés. Sur l'Argens, l'événement de janvier 2014 ne constitue pas l'événement de référence (considéré pour l'élaboration des PPRI suite aux inondations de 2010) et les débits de pointe ont été inférieurs à ceux observés lors des événements majeurs de 2010 et 2011. Pour les autres cours d'eau, Gapeau et fleuves côtiers, l'événement de janvier 2014 se rapproche ou dépasse les débits estimés pour l'événement de référence des PPRI.

Ils permettent enfin de formuler des recommandations pour la capitalisation d'éléments de retour d'expérience pour de potentielles futures inondations qui alimenteront le cadre régional pour la réalisation des retours d'expérience.

## 4 Bibliographie

### Site internet

Recherche des informations administratives

<http://www.prim.net>

Bilan climatique de l'hiver 2013-2014 Météo-France

<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/bilans-climatiques/bilan-2014/bilan-climatique-de-l-hiver-2013-2014>

Avancement des PPRi dans le Var

<http://www.var.equipement.gouv.fr>

[http://www.sigvar.org/virtual/1/lots/avanc\\_PPRI\\_AVRIL2014.pdf](http://www.sigvar.org/virtual/1/lots/avanc_PPRI_AVRIL2014.pdf)

L'eau dans le bassin Rhône-Méditerranée

<http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/gestion/inondations/cartes.php>

### Études et Publications

2014, Safège - Analyse hydrologique et hydraulique de la crue du bassin versant de l'Argens des 18 et 19 janvier 2014 - Retour d'expérience de l'événement - Action n°10 du PAPI d'intention - Argens et affluents, rapport d'étude, 158 p.

2012, CETE Méditerranée (Christophe Esposito) - Crue de juin 2010 - Comparaison des limites des zones inondables connues avec les limites des zones inondées – rapport d'étude, 129 p.

2010, IRSTEA (P. Arnaud, J. Lavabre) - Guide méthodologique sur l'approche SHYPRE. Partie 1 : analyse du risque pluvial. Édition QUAE, 125 p.

2006, DIREN PACA - Comprendre, expliquer et utiliser les Atlas des Zones Inondables. Note technique à l'usage des services de l'État et des Collectivités Locales de la région PACA.

2004, IPSEAU - Cartographie des Zones Inondables en région PACA – Département du Var – Étude n°03-113-13, janvier 2004

2004, Esposito C., Chave S., Delgado J.-L. - Retour d'expérience : les crues de septembre 2002 dans le Gard et les départements limitrophes – DGUHC, 62p.

2001, HGM Environnement – Étude de l'aléa inondation du Gapeau dans la plaine de Hyères-les-Palmiers – Direction Départementale du Var – 22 p.

1999, MATE, METL - Plan de prévention des risques naturels (PPR) – Risques d'inondation – Guide méthodologique, La Documentation française, Paris.

1996, Masson M., Garry G., Ballais J.-L. - Cartographie des zones inondables – approche

hydrogéomorphologique.

1996, SIEE - -Étude des zones inondables des rivières de La Vieille et du Batailler – Première phase : État zéro des rivières – Syndicat intercommunal pour la prévention contre les inondations des Communes de Bormes et du Lavandou, 64 p.



## 5 Annexes

*Annexe 1 : Proposition financière de l'IGN*

*Annexe 2 : Traitement des canaux Infrarouge par l'IGN*

*Annexe 3 : Compte-rendu de visite*

*Annexe 4 : Compte-rendu de la visite des stations hydrométriques du Gapeau et leurs abords le 23 janvier 2014*

*Annexe 5 : Exemple de fiche PHE*

*Annexe 6 : CCTP Nivellement*

*Annexe 7 : Note technique de nivellement*

*Annexe 8 : Champ de la Base de Données des PHE*

*Annexe 9 : Notice Cartino*

*Annexe 10 : Carte d'avancement des PPRi du Var*

*Annexe 11 : Comparaison des PHE de juin 2010 et de janvier 2014*

