

Syndicat Mixte de l'Argens



ETUDE DE L'ALEA INONDATION SUR LA COMMUNE DE SALERNES ET PROPOSITIONS D'ACTIONS

Phase 2 : Analyse du risque statistique et
modélisation



Novembre 2023

LE PROJET

Client	Syndicat Mixte de l'Argens
Projet	Etude de l'aléa inondation sur la commune de Salernes et propositions d'actions
Intitulé du rapport	Phase 2 : Analyse du risque statistique et modélisation

LES AUTEURS

	<p>Cereg Territoires • Parc de Gémenos – 260 Av du Col de l'Ange - 13420 GEMENOS Tél : 04.42.32.32.65 • Fax : 04.42.32.32.66 • aubagne@cereg.com www.cereg.com</p>
--	--

Réf. - 2022-CT-000097

Id	Date	Établi par	Vérfié par	Description des modifications / Évolutions
V1	04/07/2023	Cédric LAMIRAUX	Alexandre DA COSTA	Version provisoire
V2	23/08/2023	Cédric LAMIRAUX	Alexandre DA COSTA	Mise à jour
V3	25/09/2023	Cédric LAMIRAUX	Antonin MONTANE	Mise à jour
V4	03/10/2023	Cédric LAMIRAUX	Antonin MONTANE	Mise à jour
V5	16/11/2023	Cédric LAMIRAUX	Antonin MONTANE	Version finale



TABLE DES MATIERES

A. ETUDE HYDROLOGIQUE	13
A.I. METHODOLOGIE	14
A.I.1. Description générale	14
A.I.2. Logiciel utilisé pour la modélisation hydrologique	15
A.I.3. Objectif recherché avec la modélisation	16
A.I.4. Méthodes calculatoires utilisées	16
A.II. CARACTERISATION PHYSIQUE DES BASSINS VERSANTS D'APPORT A LA ZONE D'ETUDE	19
A.II.1. Délimitation des bassins versants	19
A.II.2. Caractéristiques physiques des sous-bassins versants	21
A.II.3. Occupation des sols et hydrogéologie	23
A.II.4. Détermination des paramètres hydrologiques	29
A.III. DONNEES PLUVIOMETRIQUES	34
A.III.1. Les pluies réelles	34
A.III.2. Les pluies statistiques	38
A.IV. DETERMINATION DES DEBITS DE POINTE ET DES HYDROGRAMMES DE CRUE	41
A.IV.1. Connaissance des débits de crue sur la Bresque à Salernes	41
A.IV.2. Calcul des débits de pointe	44
A.IV.3. Détermination des hydrogrammes de crue	47
B. MODÉLISATION HYDRAULIQUE	62
B.I. MONTAGE DU MODÈLE HYDRAULIQUE	63
B.I.1. Emprise de la zone modélisée	63
B.I.2. Choix du type de modélisation	64
B.I.3. Code de calcul utilisé	64
B.I.4. Maillage de la zone d'étude	64
B.I.5. Ouvrages hydrauliques	66
B.I.6. Conditions aux limites	66
B.I.7. Paramétrage du modèle	67
B.II. RÉSULTATS DE MODÉLISATION	69
B.II.1. Crue réelle et calage	69
B.II.2. Cartographie des hauteurs et vitesses pour l'évènement de 2019	81
B.II.3. Crues de projet	89

B.II.4.	Capacité des cours d'eau	137
C.	ALÉA INONDATION	139
C.I.	DÉFINITION DE L'ALÉA	140
C.I.1.	Methodologie.....	140
C.I.2.	Cartographie de l'aléa	142
C.II.	CROISEMENT ALÉA/ENJEU	153
C.II.1.	Caractérisation des enjeux.....	153
C.II.2.	Enjeux ponctuels et aléa inondation	154
D.	ANNEXES	156

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Détermination des classes du SCS	18
Tableau 2 : Caractéristiques physiques des sous-bassins versants de la Bresque.....	21
Tableau 3 : Caractéristiques physiques des sous-bassins versants à l'entrée de la zone de modélisation hydraulique	22
Tableau 4 : Conversion de l'IDPR en coefficient de ruissellement équivalent.....	28
Tableau 5 : Coefficients de ruissellement calculés.....	30
Tableau 6 : Synthèse des Curve Numbers retenus.....	31
Tableau 7 : Synthèse des temps de concentration calculés.....	33
Tableau 8 : Comparaison des pluies de novembre 2019 et Juin 2010	37
Tableau 9 : Coefficients de Montana à la station d'AUPS (source : Météo France)	38
Tableau 10 : Comparaison de la pluie de novembre 2019 et de la pluie Keifer 100ans/24h	39
Tableau 11 : Caractéristiques des pluies de projet Keifer	40
Tableau 12 : Quantiles des débits de crue calculés avec l'ajustement de Gumbel par la méthode des moments (Source : Hydroportail).....	42
Tableau 13 : Quantiles des débits de pointe selon l'ajustement Pearson III – Méthode des L-moments.....	43
Tableau 14 : Synthèse des débits de pointe calculés avec la méthode rationnelle et le référentiel de l'Argens	46
Tableau 15 : Comparaison des débits de pointe avec la modélisation.....	59
Tableau 16 : Synthèse des débits modélisés aux nœuds hydrologiques.....	61
Tableau 17 : Coefficients de Strickler utilisés pour le calage du modèle hydraulique	68
Tableau 18 : Curve Numbers utilisés pour la transformation pluie brute pluie nette dans le modèle hydraulique.....	68
Tableau 19 : Comparaison entre mesure et modélisation pour la PHE n°10	71
Tableau 20 : Comparaison entre mesure et modélisation pour la PHE n°5	72
Tableau 21 : Comparaison entre mesure et modélisation pour la PHE n°4	73
Tableau 22 : Comparaison entre mesure et modélisation pour les PHE n°3 et 3bis	75
Tableau 23 : Comparaison entre mesure et modélisation pour les PHE n°6 et 7	77
Tableau 24 : Comparaison entre mesure et modélisation pour la PHE n°10	79
Tableau 25 : Synthèse des repères de crue analysés	80
Tableau 26 : Synthèse de la pluie de projet quinquennale utilisée	89
Tableau 27 : Synthèse de la pluie de projet décennale utilisée	99
Tableau 28 : Synthèse de la pluie de projet trentennale utilisée	105
Tableau 29 : Synthèse de la pluie de projet cinquennale utilisée	111
Tableau 30 : Synthèse de la pluie de projet centennale utilisée	116
Tableau 31 : Synthèse de la pluie de projet cinq centennale utilisée	129
Tableau 32 : Synthèse des enjeux clés situés dans l'emprise les différentes zones d'aléa définies	154

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Schéma de principe de la méthodologie adoptée pour l'étude de l'aléa inondation à Salernes	14
Illustration 2 : Emprise de la modélisation hydraulique	15
Illustration 3 : Découpage des sous-bassins versants	20
Illustration 4 : Délimitation des sous-bassins versants à l'entrée de la zone de modélisation	22
Illustration 5 : Extrait de l'occupation des sols du CRIGE PACA 2014.....	23
Illustration 6 : Extrait de la carte hydrogéologique du Var.....	26
Illustration 7 : IDPR sur le bassin versant de la Bresque.....	28
Illustration 8 : Pluies réelles extraites de la données ANTILOPE pour les bassins versants Brague_2 et Bresque_1	34
Illustration 9 : Hyétogramme de la pluie précipitée sur la zone de modélisation lors de l'épisode de novembre 2019	35
Illustration 10 : Hyétogramme de la pluie précipitée sur la zone de modélisation lors de l'épisode de juin 2010	36
Illustration 11 : Hyétogramme de la pluie précipitée sur la zone de modélisation lors de l'épisode d'octobre 2018 ..	36
Illustration 12 : Pluie de projet utilisée pour l'étude de l'évènement centennal	39
Illustration 13 : Localisation de la station actuelle et de l'ancienne station hydrométrique "Les Vingalières	41
Illustration 14 : Ajustement de Gumbel sur l'ensemble des débits maximum retenus à la station des Vingalières de 1970 à 2023	42
Illustration 15 : Ajustement d'une loi de Pearson III aux débits de crue mesurés.....	43
Illustration 16 : Hyétogramme et hydrogramme pour l'évènement de Novembre 2019	48
Illustration 17 : Hyétogrammes (zone de modélisation) et hydrogrammes (Vingalières) pour l'évènement d'octobre 2018	49
Illustration 18 : Comparaison de l'humidité moyenne des sols avant les crues	50
Illustration 19 : État des lieux de la saturation en eau des sols avant les orages ayant conduit aux crues de 2018 et 2019	51
Illustration 20 : Hydrogrammes mesuré et modélisé à la station des Vingalières pour la crue de novembre 2019	52
Illustration 21 : Hydrogrammes mesuré et modélisé à la station des Vingalières pour la crue d'octobre 2018.....	54
Illustration 22 : Comparaison des pluies d'octobre 2018 et novembre 2019 (sur la période de crue)	55
Illustration 23 : Transformation pluie/débit de la pluie de projet Keifer T=100 ans avec le modèle hydrologique	57
Illustration 24 : Localisation des nœuds hydrologiques étudiés	60
Illustration 25 : Limite de la zone de modélisation hydraulique	63
Illustration 26 : Schéma représentant les écoulements 1D (à gauche) et 2D (à droite).....	64
Illustration 27 : Maillage de la zone d'étude et topographie sur le secteur du Plan	65
Illustration 28 : Conditions aux limites du modèle	67
Illustration 29 : Localisation géographique des PHE levées	70
Illustration 30 : Laisse de crue sur le bâtiment Biocoop.....	71

Illustration 31 : Contexte du repère de PHE n°5	72
Illustration 32 : Contexte du repère de PHE n°4	73
Illustration 33 : Contexte du repère PHE 3 et 3bis	75
Illustration 34 : Analyse du repère de PHE n°2	76
Illustration 35 : Analyse des repères PHE 6 et 7.....	78
Illustration 36 : Analyse du repère PHE10.....	79
Illustration 37 : Hauteurs d'eau maximales calculées sur le secteur du centre-ville - Crue de Novembre 2019.....	81
Illustration 38 : Vitesses d'écoulements maximales calculées sur le secteur du centre-ville - Crue de Novembre 2019	82
Illustration 39 : Hauteurs d'eau maximales calculées sur le secteur du Pelcourt - Crue de Novembre 2019	83
Illustration 40 : Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du Pelcourt - Crue de Novembre 2019 ...	84
Illustration 41 : Hauteurs d'eau maximales calculées sur le secteur du Gaudran - Crue de Novembre 2019.....	85
Illustration 42 Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du Gaudran - Crue de Novembre 2019	86
Illustration 43 : Hauteurs d'eau maximales calculées sur le secteur du Plan et des points de confluence - Crue de Novembre 2019	87
Illustration 44 : Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du Plan - Crue de Novembre 2019	88
Illustration 45 : Hydrogrammes et hyétogramme modélisés pour la crue quinquennale.....	89
Illustration 46 : Hauteur d'eau maximales calculées sur le secteur du centre-ville - Crue quinquennale	90
Illustration 47 : Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du centre-ville - Crue quinquennale.....	92
Illustration 48 : Hauteur d'eau maximales calculées sur le secteur du Pelcourt - Crue quinquennale	93
Illustration 49 : Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du Pelcourt - Crue quinquennale	94
Illustration 50 : Hauteur d'eau maximales calculées sur le secteur du Pelcourt - Crue quinquennale	95
Illustration 51 : Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du Pelcourt - Crue quinquennale	95
Illustration 52 : Hauteur d'eau maximales calculées sur le secteur du Plan - Crue quinquennale	96
Illustration 53 : Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du Plan - Crue quinquennale	98
Illustration 54 : Hydrogrammes et hyétogramme modélisés pour la crue décennale	99
Illustration 55 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du centre-ville - Crue décennale.....	100
Illustration 56 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur Pelcourt - Crue décennale.....	102
Illustration 57 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Gaudran - Crue décennale.....	103
Illustration 58 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Plan - Crue décennale	104
Illustration 59 : Hydrogrammes et hyétogramme modélisés pour la crue trentennale	105
Illustration 60 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du centre-ville - Crue trentennale	106

Illustration 61 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur Pelcourt - Crue trentennale108

Illustration 62 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Gaudran - Crue trentennale109

Illustration 63 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Plan - Crue trentennale110

Illustration 64 : Hydrogrammes et hyétogramme modélisés pour la crue cinquennale111

Illustration 65 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du centre-ville - Crue cinquennale112

Illustration 66 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur Pelcourt - Crue cinquennale113

Illustration 67 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Gaudran - Crue cinquennale114

Illustration 68 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Plan - Crue cinquennale115

Illustration 69 : Hydrogrammes et hyétogramme modélisés pour la crue centennale116

Illustration 70 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximales sur le secteur du centre-ville - Crue centennale117

Illustration 71 : Hauteur maximales calculées sur le secteur de la retenue de la Muie – Crue centennale118

Illustration 72 : Hauteurs maximales calculées sur le secteur de confluence avec les vallons de la Bague et de Parouvier – Crue centennale119

Illustration 73 : Hauteurs maximales calculées dans les rues du centre-ville – Crue centennale119

Illustration 74 : Hauteurs maximales calculées dans les rues du centre-ville – Crue centennale120

Illustration 75 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximales sur le secteur du Pelcourt - Crue centennale121

Illustration 76 : Hauteurs maximales calculées sur le secteur de la zone d'activités – Crue centennale122

Illustration 77 : Hauteurs maximales calculées sur le secteur de la Combe Amère – Crue centennale123

Illustration 78 : Hauteurs maximales calculées sur le secteur de Villecroze – Crue centennale124

Illustration 79 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximales sur le secteur du Gaudran - Crue centennale125

Illustration 80 : Hauteurs maximales calculées sur les quartiers Saint-Michel et Grangues– Crue centennale126

Illustration 81 : Hauteurs maximales calculées sur les versants du Gaudran– Crue centennale126

Illustration 82 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximales sur le secteur du Plan - Crue centennale127

Illustration 83 : Comparaison des hauteurs maximales calculées – Crue centennale à gauche – Crue de 2019 à droite128

Illustration 84 : Hauteurs maximales calculées pour l'axe de ruissellement principal du secteur du Plan– Crue centennale128

Illustration 85 : Hydrogrammes et hyétogramme modélisés pour la crue cinq centennale129

Illustration 86 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du centre-ville – Crue cinq-centennale130

Illustration 87 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Pelcourt – Crue cinq-centennale	132
Illustration 88 : Confluence de l'axe d'écoulement débordant du vallon de l'Hôpital vers le Pelcourt – Crue cinq-centennale	133
Illustration 89 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Gaudran – Crue cinq-centennale	134
Illustration 90 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Plan – Crue cinq-centennale	135
Illustration 91 : Comparaison des hauteurs d'eau au passage des remblais routiers du vallon du Pelcourt.....	136
Illustration 92 : Comparaison des hauteurs d'eau sur la partie aval du Plan avant l'entrée dans les gorges d'Entrecasteaux	136
Illustration 93 : Capacité hydraulique des cours d'eau	138
Illustration 94 : Grille utilisée pour la définition de l'aléa inondation (Source : DDTM 83).....	140
Illustration 95 : Aléa inondation sur le secteur du centre-ville de Salernes	142
Illustration 96 : Aléa inondation sur le secteur nord du Gaudran et Avenue de l'Europe.....	143
Illustration 97 : Aléa inondation sur le secteur de la Combe Amère et de l'avenue de l'Europe	144
Illustration 98 : Aléa inondation sur le secteur confluence Pelcourt, Combe Amère et Hôpital	145
Illustration 99 : Aléa inondation sur le secteur zone d'activités et Pelcourt	146
Illustration 100 : Aléa inondation sur le secteur confluence Gaudran, Pelcourt et Bresque.....	147
Illustration 101 : Aléa inondation sur le secteur du Gaudran.....	148
Illustration 102 : Aléa inondation à l'entrée des gorges d'Entrecasteaux	149
Illustration 103 : Aléa inondation sur le secteur de la zone d'activités de la Combe	150
Illustration 104 : Aléa inondation sur le secteur ouest de Salernes	151
Illustration 105 : Aléa inondation sur le secteur nord de la Combe Amère et de la Brague	152

PREAMBULE

La commune de Salernes, située au centre du bassin versant de la Bresque (affluent de l'Argens) est soumise à un fort risque inondation par débordement et ruissellement. En effet, la commune a été touchée par plusieurs phénomènes récents d'inondation par débordement de la Bresque et de ses affluents en 1994, 2009, 2010, 2011, 2014, 2018 et 2019.

La récente crue des 22-23 novembre 2019 a engendré le débordement de la Bresque (débit de pointe mesuré à 110 m³/s au droit du centre-ville de Salernes) et des érosions de berges notamment sur le secteur des Lômes. Elle constitue la plus forte crue mesurée à sur la Bresque à Salernes.

La présente mission concerne la réalisation d'une étude de l'aléa inondation, de caractérisation des risques y afférent et de propositions d'actions de réduction de ce risque, sur la commune de Salernes, en accord et en lien avec le projet de révision du Plan Local d'Urbanisme (PLU).

Les types d'inondations étudiés dans ce cadre sont :

- Le débordement de cours d'eau : c'est le phénomène le plus connu, le mieux étudié et le plus encadré sur le plan réglementaire :
 - **Le plus connu**, car il est reconnu par les populations riveraines que les cours d'eau débordent (cela fait partie de la vie du cours d'eau) et l'actualité ne cesse de rapporter de tels phénomènes avec leur cortège de catastrophes humaines et économiques,
 - **Le mieux étudié**, car les sciences de l'hydrologie et de l'hydraulique ont fortement investi ce créneau avec en plus, le secours de l'observation qui permet de disposer d'informations collectées a posteriori des inondations les plus remarquables sur les niveaux de submersion atteints,
 - **Le plus encadré** sur le plan réglementaire avec la mise en œuvre dès les années 1980, des PER (Plan d'Exposition aux Risques) auxquels ont succédé, les PPRI.
- Le ruissellement : Il s'agit des écoulements de surface générés par la pluie lorsqu'elle est interceptée par le sol. Ce phénomène est généralement moins connu, mais les manifestations associées aux très fortes pluviométries peuvent générer d'importants désordres. En effet, ces écoulements peuvent se trouver concentrés par des éléments de relief dans le milieu naturel ou encore par les voiries en milieu urbain. Ceci peut alors se traduire par des débits importants avec des hauteurs de submersion et des vitesses significatives.
 - **En milieu urbain**, ces écoulements sont gérés par des réseaux de fossés et de conduites enterrées qui assurent l'évacuation des écoulements « ordinaires ». Cependant, pour les événements extraordinaires, ces réseaux sont saturés et refoulent : l'essentiel des eaux reste alors en surface avec des conséquences aussi dommageables que celles provoquées par les débordements de cours d'eau.
 - **La présente étude ne traite pas du diagnostic du réseau pluvial**. En effet, la réalisation d'une étude spécifique, Schéma Directeur des Eaux Pluviales, est programmée sur l'ensemble des communes de Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA).

L'objectif de cette étude est de réaliser un diagnostic global du bassin versant d'un point de vue environnemental, morphologique et hydraulique permettant d'élaborer un programme d'action permettant une réduction de l'aléa inondation tenant compte des enjeux environnementaux. L'étude est décomposée en 4 phases :

- **Phase 1** : Analyse du risque historique, hydromorphologique et inventaire des enjeux en zone inondable ;
- **Phase 2** : Analyse du risque statistique et modélisation ;
- **Phase 3** : Élaboration du zonage et rédaction du règlement du PLU par zone ;
- **Phase 4 (Tranches optionnelles)** : Propositions d'aménagements et d'actions de réduction du risque ;
 - **Phase 4-1** : Modélisation en état projeté pour le secteur des Lones et proposition au stade Esquisse ;
 - **Phase 4-2** : Propositions d'actions de réduction du risque, analyse multicritères et rendus.

Les résultats de la phase 1 ont mis en évidence les points suivants :

- Le bassin versant de la Bresque à Salernes présente un **fort potentiel de stockage des eaux pluviales** du fait de l'existence de nombreux secteurs karstiques. Cette particularité est notamment à l'origine de réponses hydrologiques variables pour une même pluie, en fonction du stock disponible dans ces grands réservoirs naturels souterrains ;
- L'étude du secteur et la consultation des acteurs locaux ont mis en évidence l'existence d'une **problématique inondation bien existante sur la commune**. Les enquêtes menées auprès des riverains ont permis d'identifier plusieurs secteurs sensibles avec notamment le secteur du Plan où confluent la Bresque et le vallon de Pelcourt. En effet, cette plaine alluviale est régulièrement exposée à des problématiques de ruissellement et de débordement de cours d'eau ;
- L'analyse des enjeux recensés sur le territoire met en évidence une concentration de ces derniers, en bordure de la Bresque en amont de la zone du Plan correspondant au cœur du village historique de Salernes, ainsi qu'au point de confluence entre les vallons de Pelcourt, Combe Amère et l'Hôpital. Le croisement de ces enjeux avec l'emprise hydrogéomorphologique définie en phase 1 a montré que 22% des bâtiments de la commune de Salernes sont exposés au risque inondation. Sur ces 22%, une moitié des bâtiments est exposée à l'aléa débordement tandis que l'autre est exposée à l'aléa ruissellement, témoignant ainsi d'une **problématique intégrant les deux composantes du risque inondation sur la commune**. Certains bâtiments sont exposés aux deux types d'aléa.
- L'étude plus générale du fonctionnement des cours d'eau traversant la commune de Salernes met en évidence **des rivières stables dans le temps avec peu de marques de divagation ou de changement de tracé depuis les années 1950 jusqu'à aujourd'hui**. ;
- Concernant l'état hydromorphologique des cours d'eau rencontrés, le diagnostic a mis en avant un état peu dégradé de la Bresque en amont de la retenue de la Muie. À la traversée de la partie urbaine de Salernes, la Bresque présente des premiers signes de dégradation de la ripisylve, de la continuité sédimentaire et piscicole avec la retenue de la Muie comme premier point noir. Ces contraintes diminuent en se dirigeant vers la partie sud de la commune où la Bresque traverse des secteurs moins anthropisés mais où des merlons et des sections recalibrées viennent contraindre le cours d'eau. Sur les affluents, le diagnostic est similaire avec des cours d'eau préservés en partie amont et des secteurs anthropisés plus dégradés. **La traversée des secteurs agricoles et urbanisés conduit à l'apparition de contraintes nuisant au bon fonctionnement des cours d'eau** (merlons, ponts, buses, seuils, etc.).

Au regard de ces résultats et suite au COPIL n°2 visant à présenter la phase 1 à la commune, au SMA, ainsi qu'à la DDTM83 (14 Avril 2023), le démarrage de la phase de modélisation hydrologique et hydraulique a bien été validée. Elle vise à définir les apports hydrologiques et à traduire leur impact hydraulique sur le territoire de Salernes. Cette phase permettra in fine de dresser une cartographie de l'aléa inondation intégrant à la fois la problématique débordement de cours d'eau et ruissellement.

Le présent rapport traite donc de cette 2eme phase de l'étude. Il détaille dans l'ordre, les thématiques suivantes :

- Analyse hydrologique de l'ensemble des sous-bassins versants de la Bresque. Définition des apports hydrologiques en différents points de la commune de Salernes en vue de modéliser l'ensemble des affluents ainsi que les ruissellements.;
- Modélisation de l'écoulement des hydrogrammes déterminés initialement (pluie réelle et pluie de projet) sur la quasi-totalité du territoire communal ;
- Cartographie des hauteurs d'eau, des vitesses ainsi que de l'aléa inondation en résultant, sur l'ensemble du secteur modélisé, afin d'affiner le premier diagnostic établi avec la cartographie hydrogéomorphologique.

A. ETUDE HYDROLOGIQUE



A.I. METHODOLOGIE

A.I.1. Description générale

L'objet de la phase 2 est d'étudier finement l'aléa inondation par débordement et par ruissellement sur la commune de Salernes. Les deux axes majeurs, constitutifs de cette deuxième phase sont rappelés ici :

- Effectuer une **étude hydrologique** sur **les bassins versants en amont et en aval de la commune** pour définir les hydrogrammes s'écoulant en direction du secteur d'étude et apporter des éléments de connaissance des débits sur l'ensemble du bassin versant ;
- Injecter ces apports dans un **modèle hydraulique** (étude hydraulique) représentant une grande partie du territoire communal, de manière à caractériser l'aléa. En d'autres termes, il s'agit de **quantifier les hauteurs d'eau et les vitesses associées à l'écoulement de ces débits**. L'obtention de ces données et leur croisement permettra ensuite de **définir les niveaux d'aléa** sur le territoire.

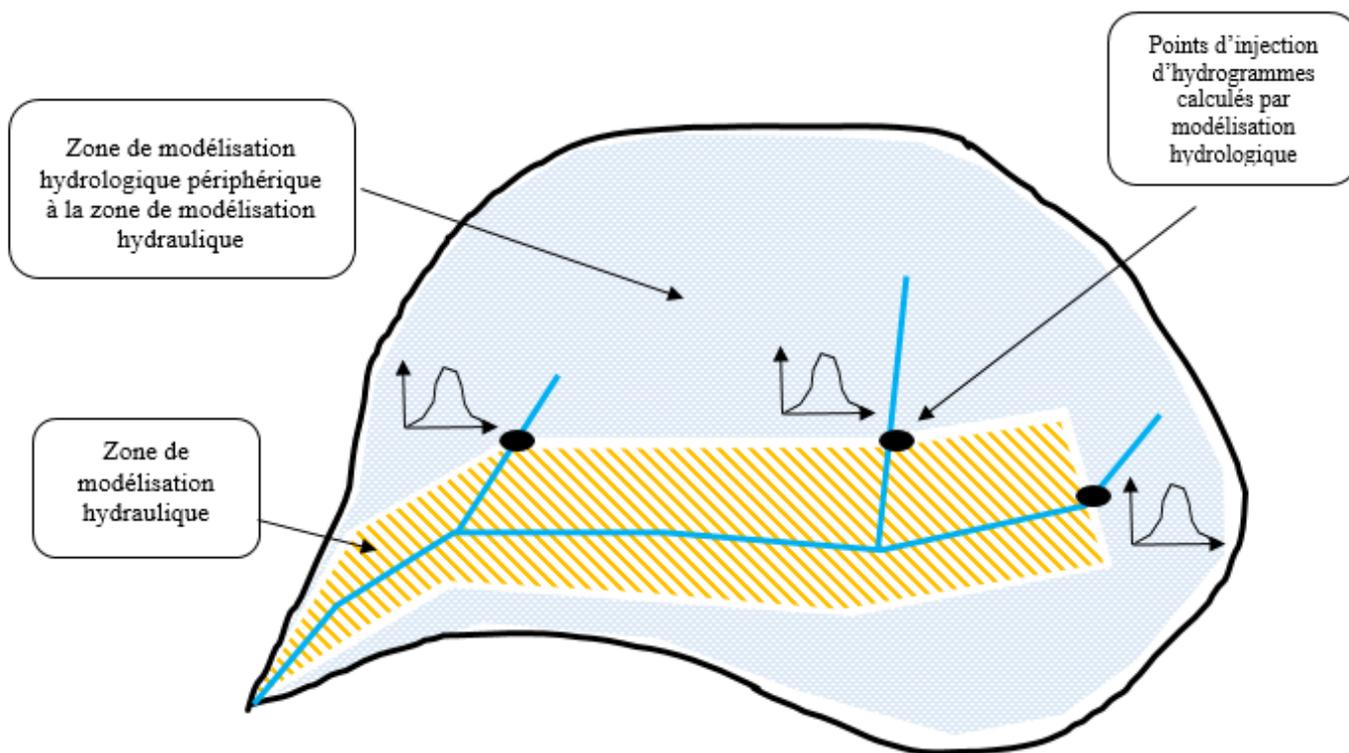


Illustration 1 : Schéma de principe de la méthodologie adoptée pour l'étude de l'aléa inondation à Salernes

Dans le cadre de la phase 1 de l'étude, l'emprise de la modélisation hydraulique bidimensionnelle des écoulements a été définie. Cette modélisation couvrira la majeure partie de la commune de Salernes ainsi qu'une partie de la commune voisine de Villecroze. L'illustration suivante présente l'emprise de cette zone modélisée.

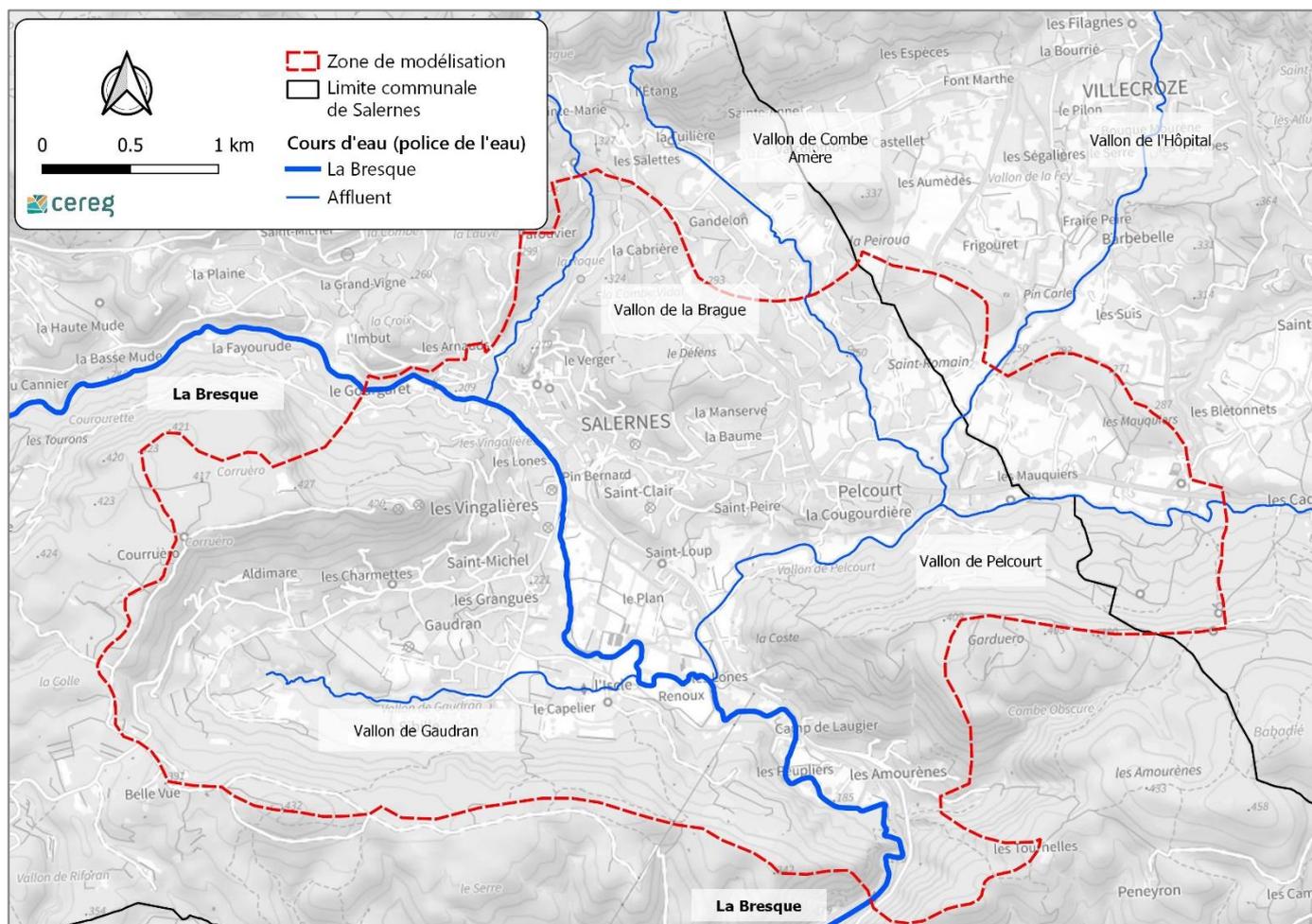


Illustration 2 : Emprise de la modélisation hydraulique

Cette zone couvre **une superficie de 1 565 ha**. Elle intègre un linéaire de cours d'eau d'environ **21 km**.

La zone de modélisation retenue est relativement étendue par rapport à l'emprise des lits majeurs des cours d'eau puisqu'elle intègre les versants voisins. Cela permet d'identifier les axes de ruissellement majeurs s'écoulant en direction des zones d'enjeux. Cette approche permet aussi de réduire le nombre d'hydrogrammes injectés en limite de la zone modélisée.

A.I.2. Logiciel utilisé pour la modélisation hydrologique

En vue de caractériser les débits de crue de la Bresque, de ses affluents, ainsi que le ruissellement, **un modèle hydrologique à l'échelle du bassin versant de la Bresque est mis en œuvre**. Il permet de définir les hydrogrammes utilisés en entrée de la zone de modélisation hydraulique présentée précédemment. Son objectif est de **traduire la pluviométrie (mm/h) en hydrogrammes (m³/s)** en intégrant les caractéristiques propres à chaque bassin versant.

Le logiciel **HEC-HMS** est utilisé pour les besoins de l'étude. Ce logiciel libre de droit est développé par l'US Army Corps of Engineers aux États-Unis. Il fait partie des logiciels régulièrement utilisés pour ce type de besoin en raison du grand nombre de possibilités de modélisation qu'il offre ainsi que d'une large communauté, à l'échelle internationale.

A.I.3. Objectif recherché avec la modélisation

L'utilisation d'un modèle hydrologique est particulièrement indiquée dans le cas de la présente étude. En effet, les données à disposition sont : les **pluies radar (Antilope J+1, donnée radar recalée avec les pluviomètres au sol)**, le **taux de saturation du sol (donnée Sim Hu de Météo France)** ainsi que les **hydrogrammes de crue sur la Bresque** à la station des Vingalières à Salernes (source Hydroportail).

L'objectif de cet outil est d'utiliser les données d'entrée que sont les pluies réelles ainsi que l'état hydrique général du bassin versant et d'obtenir en sortie, à la station des Vingalières (aval de la confluence entre la Brague et la Bresque) un hydrogramme proche de celui mesuré lors de la crue correspondante. Le modèle retournera ainsi dans un second temps, pour les pluies de projet, la réponse théorique qu'aurait eu le bassin versant de la Bresque à cette sollicitation.

L'épisode du 23 novembre 2019 est utilisé pour procéder à ce calage du modèle. Cet évènement est le plus adapté étant donné que les sols étaient fortement saturés en eau au moment de l'apparition de l'évènement pluvieux. C'est aussi l'évènement pour lequel des repères de plus hautes eaux ont pu être identifiés et levés par un géomètre. Ce cas constitue l'approche la plus défavorable en termes de conditions initiales sur les bassins versants concernés. Ce sont ces conditions, couplées à l'utilisation d'une pluie de projet qui seront utilisées pour la caractérisation de l'aléa. L'utilisation d'un autre évènement pour le calage du modèle hydrologique apporterait des conclusions différentes en raison des propriétés intrinsèques des bassins versants, comme les conditions initiales par exemple. Des différences importantes seraient liées à une spatialisation de la pluie différente, propre à chaque évènement.

A.I.4. Méthodes calculatoires utilisées

A.I.4.1. Calcul des débits de pointe

Le calcul des débits de pointe, même s'il ne permet pas de définir un hydrogramme de crue, est réalisé afin d'apporter un élément de comparaison avec les autres méthodes employées.

Dans le cas présent, ce calcul est réalisé selon deux méthodes.

La méthode rationnelle

Elle permet d'estimer le débit de pointe d'une crue pour une intensité pluvieuse correspondant au temps de concentration du bassin versant. Elle s'applique aux bassins versants d'une superficie inférieure à 10 km². Sa formulation est la suivante.

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360}$$

Avec :

- Q : Débit de pointe en m³/s ;
- C : Coefficient de ruissellement ;
- I : Intensité des pluies en mm/h sur le temps de concentration ;
- A : Superficie du bassin versant (ha).

Le coefficient de ruissellement est calculé, pour chaque occurrence, en fonction de l'occupation du sol, de sa pente et de sa perméabilité. Des paramètres comme l'état de saturation hydrique des sols peuvent être pris en compte et guider dans le choix de ces coefficients. Des tables de coefficient existent ; celle de la DDTM Varoise est utilisée dans la suite de l'étude pour le calcul de ces derniers.

Les débits de pointe pseudo-spécifiques définis dans le référentiel de l'Argens

Le référentiel de l'Argens définit, en amont et en aval de Salernes (zone amont et zone aval), des débits de pointe pseudo-spécifiques, pour chaque occurrence. Le débit de pointe pseudo-spécifique ramène un débit de pointe par unité de surface selon la formule suivante.

$$Q_{pseudo-spécifique} = Q * A^{-0.8}$$

Avec :

- $Q_{pseudo-spécifique}$: Débit pseudo spécifique en m³/s/km^{1.6}
- Q : Débit de pointe en m³/s ;
- A : Superficie en km² ;

Il permet une comparaison des bassins versants de tailles hétérogènes en enlevant la composante de la surface.

La formulation du débit de pointe est alors la suivante :

$$Q = Q_{pseudo-spécifique} * A^{0.8}$$

Les débits pseudo-spécifiques de la Bresque sont particulièrement faibles. Les valeurs données pour la Bresque par le référentiel sont les plus faibles du bassin versant de l'Argens. Ces valeurs ont plusieurs fois été remises en question lors d'études récentes. Une attention particulière sera apportée à l'interprétation des résultats obtenus.

A.I.4.2. Calcul des hydrogrammes : SCS Curve Number

Méthode du SCS Curve Number

La méthode du SCS-CN développée par l'USDA-NRCS (US Department of Agriculture – Natural Resources Conservation Service) permet d'estimer le ruissellement de surface en réponse à un épisode pluvieux donné en fonction des caractéristiques du bassin versant étudié. La méthode a été développée en travaillant sur des bassins versants agricoles aux États-Unis et repose sur l'utilisation d'un paramètre empirique, le Curve Number, qui permet de caractériser le potentiel de ruissellement d'un sol en fonction de la géologie, de l'occupation du sol ainsi que de son état hydrique au démarrage de la modélisation.

Depuis 1972, cette méthode a fait ses preuves et est aujourd'hui largement utilisée dans les modélisations hydrologiques en milieu rural. Elle constitue la méthode la plus opérationnelle avec les données d'entrée à disposition (occupation du sol, IDPR, saturation des sols, imperméabilisation).

La modélisation hydrologique repose sur deux calculs distincts. La fonction de production du modèle qui permet d'estimer la part ruisselée à partir du hyétogramme. La fonction de transfert qui permet la transformation pluie-débit.

- **Fonction de production** : la méthode utilisée est celle du **SCS Curve Number**. Elle permet la transformation de la pluie brute en pluie nette. Elle considère les pertes initiales ainsi que les pertes par infiltration s'opérant pendant l'épisode pluvieux ;
- **Fonction de transfert** : la méthode de **l'hydrogramme unitaire adimensionnel du SCS** adaptée à la méthode du SCS est utilisée. Elle permet de transformer la pluie nette en hydrogramme de crue. Le caractère modulable du facteur de pointe dans la formulation de l'hydrogramme unitaire du SCS permet de tenir compte des particularités liées à la morphologie des bassins versants en accélérant ou ralentissant les temps de transfert. Il permet par exemple de ralentir les temps de transfert sur les bassins versants amont où la dynamique est lente en raison de pente faibles et d'un réseau karstique dense.

■ Définition des Curve Numbers

- Les Curve Numbers (CN), utilisés dans la méthode du SCS, sont des coefficients calculés selon **l'humidité initiale du sol, la géologie** ainsi que **l'occupation du sol**.
- L'état hydrique du sol au début de la modélisation est considéré comme déjà humide (classe II du SCS).
- La géologie du sol ainsi que l'occupation du sol, servant à traduire la perméabilité générale sont pris en compte en utilisant l'**IDPR** (cf. A.II.3.3) couplé à la **base de données Ocsol de 2017** du CRIGE PACA. Pour cela, pour chaque secteur d'occupation du sol, une classe A, B, C ou D est attribuée. « A » correspondant aux sols les plus perméables et « D » les sols favorisant le ruissellement. Ces classes sont définies en se référant à la valeur moyenne de l'**IDPR** pour chacune de ces zones d'occupation du sol. Les plages de valeurs retenues sont présentées dans le tableau suivant. Cette approche permet une spatialisation des Curve Number en fonction de l'occupation des sols et de l'estimation de la perméabilité. On obtient ainsi, pour chaque unité d'occupation du sol, une classe de perméabilité permettant l'attribution d'un Curve Number selon la table placée en annexe 1.

Plage de valeur de l' IDPR	Classe de sol du SCS
IDPR < 500	A
500 < IDPR < 1 000	B
1 000 < IDPR < 1 500	C
IDPR > 1 500	D

Tableau 1 : Détermination des classes du SCS

Le calcul des CN est présenté dans les parties suivantes (cf. partie A.II.4.2) où sont déterminés les différents paramètres.

A.II. CARACTERISATION PHYSIQUE DES BASSINS VERSANTS D'APPORT A LA ZONE D'ETUDE

A.II.1. Délimitation des bassins versants

L'étude de la topographie du secteur et des différents cours d'eau permet de procéder au découpage des sous-bassins versants à l'origine d'apports en direction de la commune de Salernes. Un découpage en plusieurs sous-bassins versants sur la partie amont de Salernes est réalisé dans le but de définir précisément la contribution des différents secteurs.

L'illustration qui suit présente le découpage de ces sous-bassins versants.

Le découpage de ces sous-bassins versants topographiques utilise les données suivantes :

- Modèle numérique de terrain de l'IGN (RGE Alti 5m) ;
- Réseau hydrographique connu (BD TOPO) ;
- Carte topographique de l'IGN (SCAN 25).

A.II.2. Caractéristiques physiques des sous-bassins versants

A.II.2.1. Ensemble des sous-bassins versants

Un total de 44 bassins versants a été identifié. Les caractéristiques physiques de ces différents bassins versants (surface, longueur du plus long chemin hydraulique, pente moyenne pondérée) sont précisées dans le tableau suivant.

Identifiant	Nom du bassin versant	Longueur (m)	Pente (m/m)	Surface (ha)	Identifiant	Nom du bassin versant	Longueur (m)	Pente (m/m)	Surface (ha)
1	Brague_1	6840	0.05	409	23	Romanille	12710	0.02	3777
2	Brague_2	5720	0.04	515	24	Saint-Michel	5700	0.05	541
3	Bresque_1	8820	0.02	1607	25	Thuéry	2910	0.05	192
4	Bresque_2	8440	0.01	732	26	Tourtour	6950	0.07	767
5	Bresque_3	7870	0.02	788	27	Amont_Plan	3985	0.03	331
6	Bresque_4	3622	0.03	500	28	Pelcourt_Plan	5133	0.02	574
7	Bresque_5	5500	0.05	803	29	Gaudran	4053	0.13	389
8	Combe_amere	7390	0.05	557	30	Aval_Plan	3824	0.01	270
9	Combe_Obscure	3500	0.07	217	31	Serre	2217	0.09	182
10	Esparus	2970	0.06	209	32	Pierre Ambert	4139	0.06	429
11	Grave_1	7830	0.06	1270	33	Vallon des Laurons	6281	0.04	548
12	Grave_2	7000	0.07	1370	34	Valpeironne	2028	0.06	91
13	Hopital_1	3670	0.03	645	35	Vallon de Valbelle	1766	0.08	125
14	Hopital_2	6610	0.07	1035	36	Combe de la Martelle	1867	0.09	191
15	Vallon du Parouvier	1280	0.14	72	37	Buissière	1954	0.07	139
16	Mandins	4380	0.07	300	38	Grand Jas	1659	0.07	101
17	Oure_1	9780	0.05	2047	39	Fangouse_est	3074	0.03	117
18	Oure_2	3670	0.03	416	40	Vallon des Graminiers	3473	0.05	285
19	Pelcourt_1	3160	0.06	80	41	Fangouse_ouest	2009	0.04	59
20	Pelcourt_2	1480	0.10	59	42	Vallon de Rocas	12209	0.03	1570
21	Pelcourt_3	4020	0.03	321	43	Parayon	2505	0.04	161
22	Rayeres	8410	0.02	1341	44	Confluence	3254	0.04	274

Tableau 2 : Caractéristiques physiques des sous-bassins versants de la Bresque

Les sous-bassins versants étudiés, de part leur morphologie sont relativement hétérogènes. Le sous-bassin versant de Romanille est le plus étendu et présente une pente relativement faible par rapport aux autres. Il fait partie, avec Bresque_1, Bresque_2 des bassins versants les plus lents en termes de réaction à un évènement pluvieux.

A l'inverse, des sous-bassins versants comme celui du vallon du Parouvier, du Gaudran ou encore du Pelcourt_2 présentent les pentes les plus fortes. Indépendamment de l'occupation du sol, ce sont des bassins versants pour lesquels les ruissellements sont favorisés et s'achèment rapidement vers l'exutoire.

A.II.2.2. Sous-bassins versants à l'entrée de la zone de modélisation

L'illustration suivante présente l'emprise des sous-bassins à l'entrée de la zone de modélisation hydraulique.

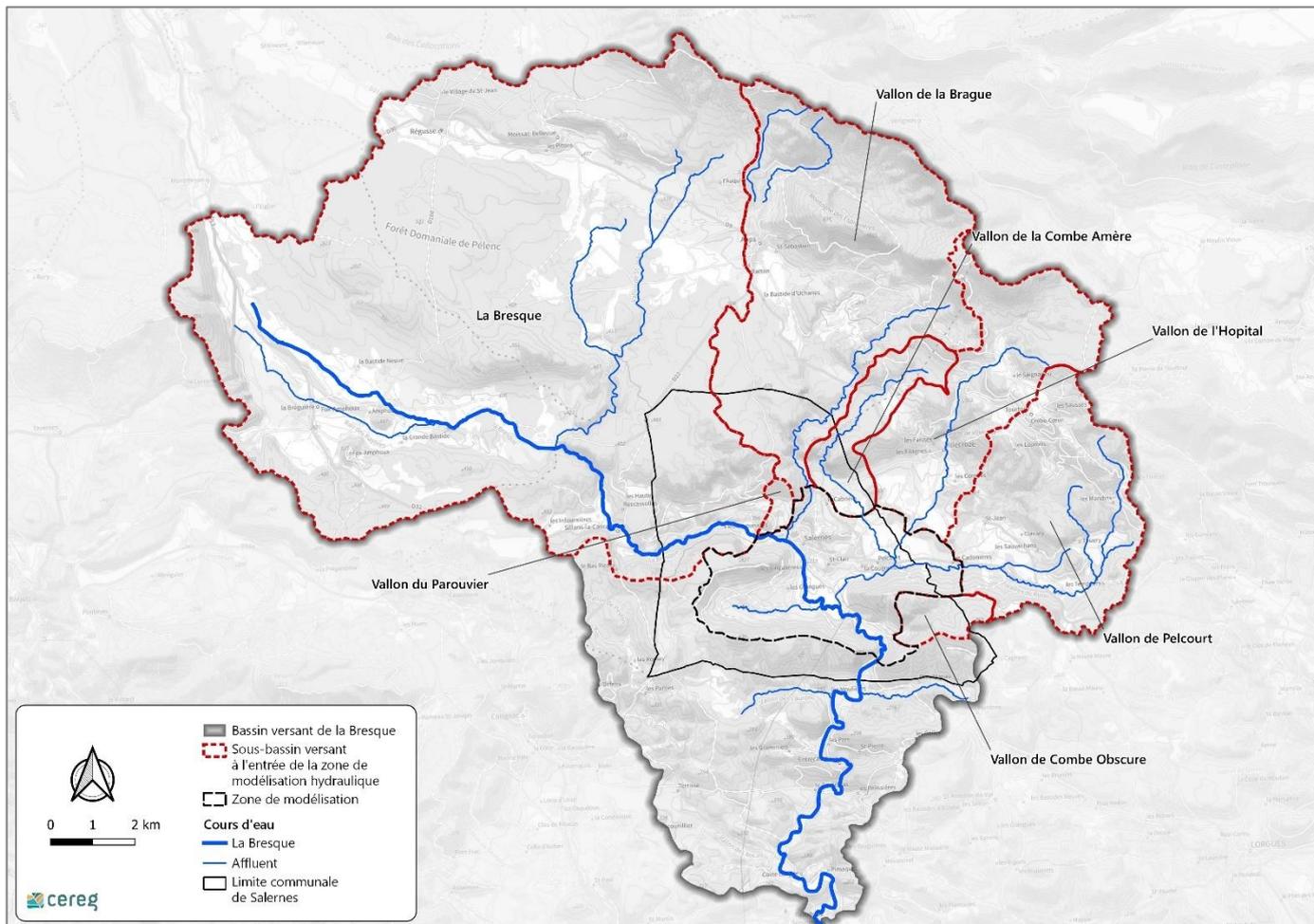


Illustration 4 : Délimitation des sous-bassins versants à l'entrée de la zone de modélisation

Les caractéristiques morphologiques de ces sous-bassins versants sont les suivantes.

Identifiant	Nom du bassin versant	Longueur (m)	Pente (m/m)	Surface (ha)
A	La Bresque	21170	0.03	12550
B	Vallon de Combe Obscure	3500	0.07	217
C	Vallon de la Brague	15580	0.05	3560
D	Vallon de la Combe Amère	7390	0.05	557
E	Vallon de l'Hôpital	9210	0.06	1680
F	Vallon de Pelcourt	8540	0.05	1927
G	Vallon du Parouvier	1280	0.14	72

Tableau 3 : Caractéristiques physiques des sous-bassins versants à l'entrée de la zone de modélisation hydraulique

A.II.3. Occupation des sols et hydrogéologie

Les calculs hydrologiques s'appuient sur la capacité de ruissellement des bassins versants qui est fonction :

- De l'occupation des sols ;
- De la pédologie des sols ;
- Du contexte géologique ;
- Des conditions de saturation des sols ;
- De la pente.

A.II.3.1. Analyse de l'occupation des sols

▲ Généralités

La base de données régionale d'occupation des sols du CRIGE PACA de 2014 a été utilisée pour effectuer cette analyse. Elle se base sur la nomenclature européenne Corine Land Cover (CLC) tout en proposant une approche plus locale. En effet, dans le cadre des travaux de création de cette base de données, le CRIGE PACA a cherché à abaisser l'unité minimale de Collecte à une valeur inférieure à 2,5 ha (contre 25 hectares pour la plus petite unité cartographique du CLC européen).

L'illustration qui suit montre ce découpage suivant fidèlement l'occupation du sol observable avec l'orthophotographie de l'IGN.

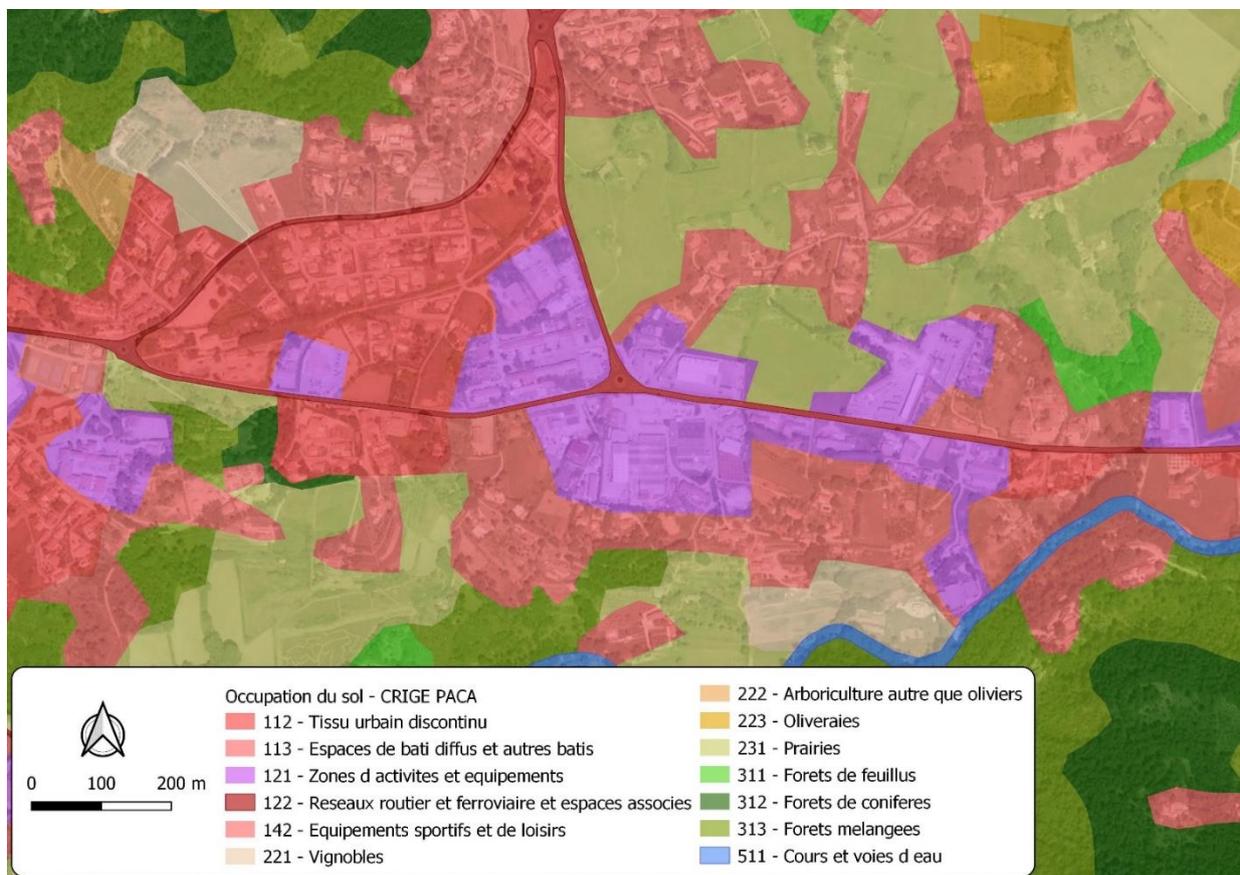


Illustration 5 : Extrait de l'occupation des sols du CRIGE PACA 2014

Modélisation hydrologique

Cette donnée est utilisée par la suite pour la définition des paramètres hydrologiques employés lors de la phase de modélisation hydrologique. Ils permettront notamment de définir les coefficients de ruissellement et les Curve Number. Ces paramètres sont calculés dans les parties A.II.4 et A.II.4.2.

A.II.3.2. Contexte hydrogéologique

Généralités

Le contexte hydrogéologique de Salernes et plus généralement de la Bresque et ses affluents est relativement complexe, car hétérogène. La Bresque est alimentée par de nombreux plateaux et massifs calcaires et dolomitiques généralement karstiques. Dans ces formations, les eaux souterraines sont souvent profondes et les sources assez rares. Toutefois, ces sources peu nombreuses sont en général génératrices de débits importants. Elles peuvent constituer aussi bien des pertes que des résurgences. Ceci donne lieu à l'existence de certains cours d'eau majoritairement souterrains.

Une importante source, dans le vallon de la Brague, au nord de Salernes est identifiée avec un débit de 100 à 500 L/s (cf. Illustration 6). Ces eaux proviennent en partie des formations karstiques autour de la montagne des Espiguières au nord d'Aups (1 cf. Illustration 6). En effet à cet endroit une faille importante dans laquelle s'engouffrent les écoulements du vallon des Gipières et de la Grave est à l'origine d'échanges souterrains (2). De nombreuses petites résurgences sont observées le long de cette faille (3). Ces données ont été estimées dans le cadre des travaux menés pour la réalisation de la carte hydrogéologique du département du Var.

En aval de Salernes et de la zone de modélisation, le fonctionnement hydrogéologique diffère quelque peu. Le caractère faillé des formations lithologiques est moins marqué limitant ainsi les points d'apport en direction de secteurs karstiques. À cet endroit, les formations sont d'ailleurs différentes puisque les formations karstiques laissent plutôt place à des massifs calcaires et dolomitiques plissés, fracturés, moins karstiques que les formations rencontrées sur la partie amont du bassin versant. Ces formations sont entrecoupées de marnes elles aussi moins favorables à l'infiltration et au transfert souterrain des écoulements.

Sur la partie sud du bassin versant (4), des formations calcaires et dolomitiques sont identifiées comme étant à l'origine d'écoulements souterrains. Ces derniers s'opèrent en direction du bassin versant voisin, à l'ouest, où une résurgence importante au croisement de plusieurs faille est identifiée.

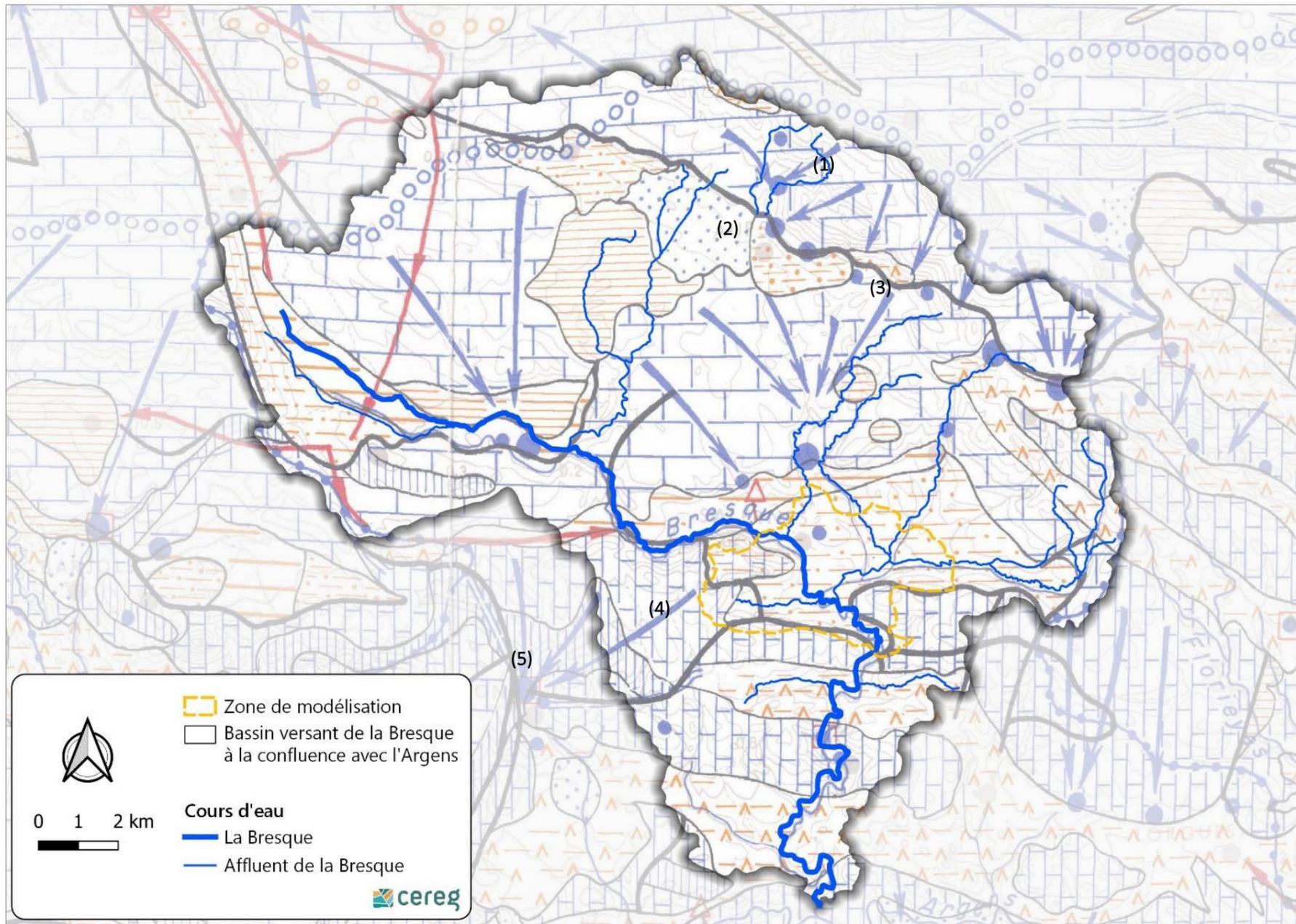
Modélisation hydrologique

Ces phénomènes particuliers d'engouffrement et de résurgences sont omniprésents sur le bassin versant de la Bresque et en particulier sur la partie située en amont de Salernes. Ils restent cependant complexes et difficilement quantifiables lors d'un épisode pluvieux extrême, notamment en raison de l'état du stock au moment de l'évènement. Leur prise en compte dans le modèle hydrologique reste relativement difficile en raison du manque de connaissance du fonctionnement. Même si les débits des résurgences sont estimés, ceux s'engouffrant en amont sont quant à eux complètement inconnus. Les débits en jeu (100 à 500 L/s) sont de plus négligeables par rapport aux débits de pointe calculés pour les différents bassins versants, en particulier pour les évènements les plus intenses.

En raison de vitesses d'écoulement plus faibles, les eaux issues de ces résurgences peuvent jouer un rôle important dans la contribution aux débits des différents cours d'eau, lors de la décrue notamment. Elles peuvent participer au gonflement du débit de base des rivières et jouer un rôle lors des phénomènes de crue successives.

La connaissance apportée par cette cartographie est toutefois utile lors de la phase de construction du modèle hydrologique. En effet, les paramètres hydrologiques des différents bassins versant sont adaptés au contexte hydrogéologique et aident au calage du modèle. Cette notion de calage est développée dans la suite du document.

Ces informations permettent d'identifier précisément les bassins versants plutôt à l'origine de ruissellements importants et ceux jouant un rôle tampon en stockant une part importante de la lame d'eau précipitée (sous-bassins versants de Romanille par exemple).



NAPPES ETENDUES DANS DES TERRAINS AQUIFERES POREUX - ALLUVIONS, SABLES, CONGLOMERATS

- Nappes phréatiques généralement en relation avec des rivières, le plus souvent drainées, plus rarement alimentées par elles. Ressources en eau généralement abondantes mais limitées par les dimensions de la couche aquifère.
- Aquifères alluviaux complexes comportant plusieurs nappes superposées mais en relation par drainage et changement latéral de faciès. Nappes captives ou semi-captives (plaines littorales)

NAPPES ETENDUES DANS DES TERRAINS AQUIFERES FISSURES - CALCAIRES, CALCAIRES DOLOMITIQUES, DOLOMITES

- Plateaux et massifs calcaires et dolomitiques généralement karstiques (Crétacé inférieur, Crétacé supérieur calcaire, Jurassique supérieur et inférieur, Trias moyen) Eaux souterraines généralement profondes. Points d'eau assez rares. Sources peu nombreuses, mais localement à gros débit. Pertes et résurgences des cours d'eau.
- Massifs calcaires et dolomitiques plissés et fracturés à réseaux aquifères ± compartimentés Jurassique moyen. Alternances de bancs calcaires et marneux. Terrains peu perméables dans l'ensemble mais qui, lorsqu'ils sont tectonisés, peuvent donner lieu à des circulations actives au niveau des intercalations calcaires.

NAPPES LOCALES DISCONTINUES, NIVEAUX PERMEABLES INTERCALES AU SEIN DE FORMATIONS ESSENTIELLEMENT MARNEUSES. POINTS D'EAU ET PETITES SOURCES A DEBIT SOUVENT INTERMITTENT

- Formations complexes alluviales et fluvioglaciales. Nappes discontinues localisées dans des couches lenticulaires (Poudingue de Valensole)
- Formations en alternance, Eocène et Crétacé supérieur continental: marnes et sables, Carbonifère: grès et schistes
- Formations en alternance calcaires-marne ou grès marnes. Crétacé supérieur marin, Miocène, Pliocène marin. Marnes à lentilles gypseuses et dolomitiques du Trias supérieur
- Formations essentiellement gréseuses et pélitiques du Trias inférieur et du Permien sédimentaire pouvant présenter localement des circulations aquifères au sein de niveaux à plus forte granulométrie, fissurés ou altérés. Molasses miocènes de Durance.
- Série gréseuse et pélitique d'âge permien intercalée de coulées volcaniques localement perméables
- Terrains volcaniques en larges entassements localement aquifères

RESSOURCES EN EAU ESSENTIELLEMENT SUPERFICIELLES SUR TERRAINS IMPERMEABLES. POINTS D'EAU ET PETITES SOURCES NOMBREUSES A FAIBLE DEBIT

- Roches intrusives - Granite, diorite, dont l'ordre d'altération, lorsqu'elle est suffisamment développée, constitue de petits aquifères
- Roches métamorphiques (schistes, mica schistes, gneiss) imperméables en profondeur mais rendues perméables superficiellement par altération et décompression.
- Argiles, marnes du Pliocène et du Miocène, imperméables.

STRUCTURE

- Contours entre terrains d'âge différent - Limites stratigraphiques
- Faille et chevauchement
- Origine du tracé des coupes

HYDROLOGIE DE SURFACE

- Cours d'eau aérien à circulation pérenne
 - Cours d'eau aérien à circulation temporaire
 - Perte pérenne ou temporaire
 - Cuvette de retenue
 - Ligne de partage des eaux superficielles
 - Bassins
 - Sous-bassins
 - Dépression fermée
- | Sources - Débits moyens | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| | 0 à 10 l/s |
| | 10 à 100 l/s |
| | 100 à 500 l/s |
| | 500 à 2000 l/s |
| | Supérieur à 2000 l/s |
| | Source temporaire |
| | Source minérale |
| | Source thermominérale (Gréoux_04) |

HYDROLOGIE SOUTERRAINE

- Nappe alluviale - Courbe isopiézométrique
- Sens d'écoulement des eaux souterraines et extension probable du drainage
- Sens d'écoulement des eaux souterraines et extension probable du drainage sous recouvrement
- Ligne de partage des eaux souterraines
- Relation prouvée par tracage (tracé théorique)

Illustration 6 : Extrait de la carte hydrogéologique du Var

A.II.3.3. Indice de Développement et Persistance des Réseaux (IDPR)

Généralité

L'IDPR est une donnée introduite dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive cadre européenne sur l'eau. Cette donnée produite par le BRGM permet d'estimer les modes de flux des pollutions éventuelles vers les eaux souterraines et superficielles. Elle traduit de manière indirecte les flux en direction de ces milieux. Elle permet ainsi de cartographier les secteurs perméables et imperméables aux eaux météoritiques avec une résolution de maille de 25mx25m.

La méthode part sur le postulat qu'un sol peu perméable présentera un réseau hydrographique dense du fait du ruissellement des eaux et de l'érosion des sols. A contrario une structure très perméable présentera un réseau hydrographique bien plus faible, les eaux s'infiltrant facilement avant de ruisseler. Le calcul de l'indice est effectué en comparant la densité d'un réseau étudié avec un réseau de référence.

La BD TOPO est utilisée pour définir les réseaux hydrographiques (cours d'eau permanents et intermittents) et les modèles numériques de terrain de l'IGN (BD Alti© 25m) sont utilisés pour caractériser la topographie.

La prise en compte des karsts est intégrée dans cette méthode par le BRGM. Pour cela, les entités lithologiques issues des cartes géologiques ont été utilisées et classées selon 4 niveaux à « dire d'expert ». Ce classement traduisant le degré de karstification se base sur le taux d'éléments carbonatés présents dans les couches lithologiques. Une formation fortement carbonatée est facilement érodable et donc favorable à la formation de karsts.

Modélisation hydrologique

Cette donnée d'entrée, fine à l'échelle du territoire étudié, est utilisée pour déterminer les différents paramètres hydrologiques nécessaires à la construction du modèle hydrologique. Cet indice n'apporte pas de valeur numérique de perméabilité, mais il permet d'identifier les zones propices à l'infiltration ou non. L'illustration suivante présente la cartographie de l'IDPR à l'échelle du bassin versant de la Bresque.

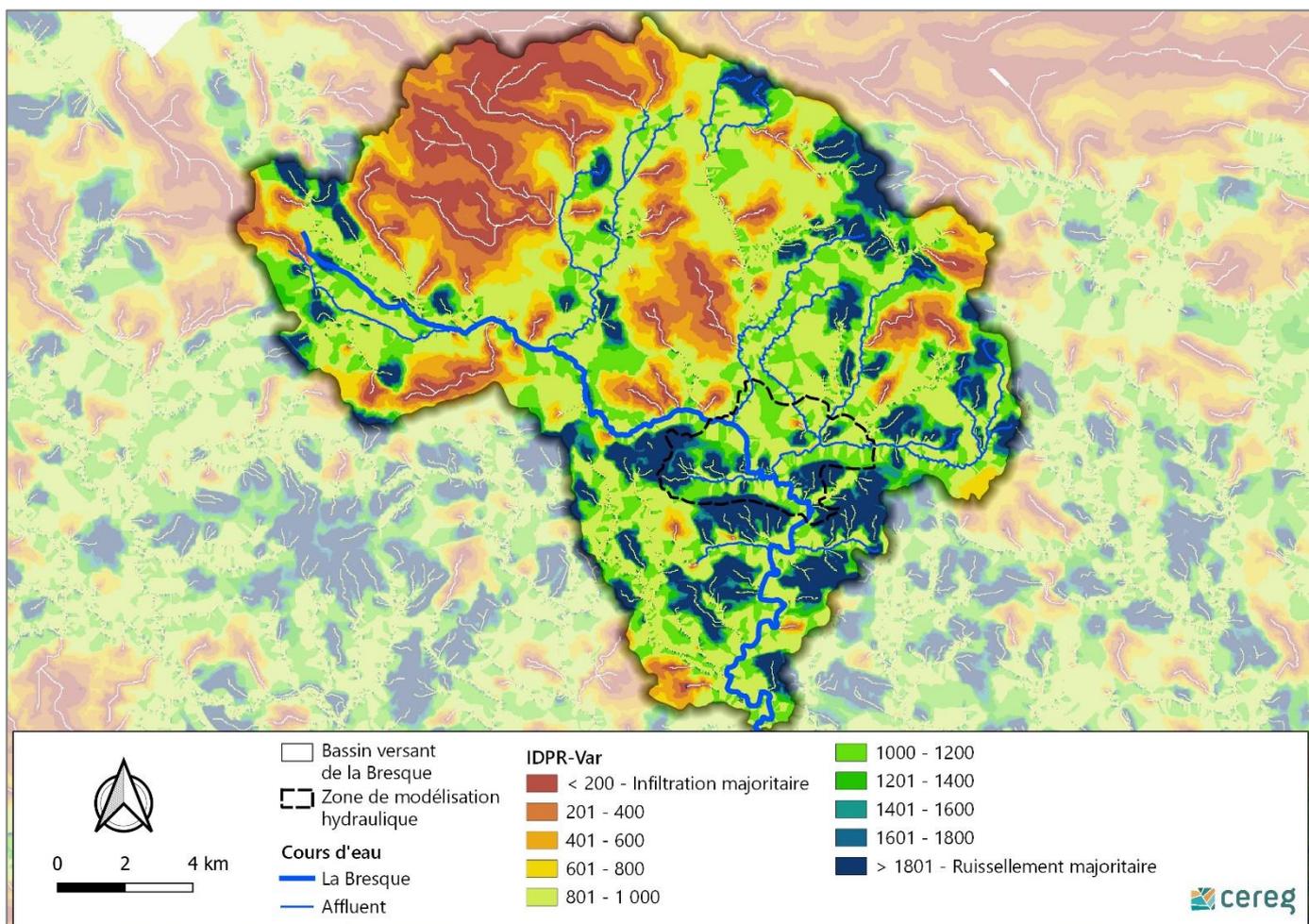


Illustration 7 : IDPR sur le bassin versant de la Bresque

L'interprétation faite de la légende est présentée dans le tableau qui suit. Elle permet d'obtenir un ordre de grandeur de la part ruisselée en différents points du territoire. Cette première approche permettra de définir des coefficients de ruissellement spatialisés mais aussi de choisir judicieusement certains paramètres comme les Curve Number, présentés dans ce qui suit.

IDPR	Interprétation	Coefficient de ruissellement équivalent
< 1000	Infiltration majoritaire par rapport au ruissellement superficiel	< 50 %
≈ 1000	Infiltration et ruissellement superficiel de même importance	≈ 50 %
> 1000	Ruissellement superficiel majoritaire par rapport à l'infiltration	> 50 %
≈ 2000	Majoritairement assimilable à des milieux humides	≈ 100 %

Tableau 4 : Conversion de l'IDPR en coefficient de ruissellement équivalent

A.II.4. Détermination des paramètres hydrologiques

Les paramètres calculés, sont utilisés pour les besoins suivants :

- Les coefficients de ruissellement sont calculés uniquement pour la détermination du débit de pointe avec la méthode rationnelle ;
- Les Curve Number sont calculés en amont de la modélisation hydrologique pour l'application de la fonction de production du SCS Curve Number ;
- Les temps de concentration sont utilisés pour la détermination du débit de pointe avec la méthode rationnelle ainsi que pour l'application de la méthode de l'hydrogramme unitaire dans la fonction de transfert du SCS Curve Number.

A.II.4.1. Détermination des coefficients de ruissellement

Le coefficient de ruissellement caractérise la fraction d'une lame d'eau précipitée qui ruisselle sur un bassin versant (pluie nette). Ce coefficient est fortement influencé par la couverture du sol du bassin versant ainsi que par la nature des sols identifiés dans les paragraphes précédents.

Deux approches sont utilisées pour la définition du coefficient de ruissellement :

- La première méthode s'appuie sur **l'utilisation des tables de coefficients de ruissellement** fournies par la MISEN du Var (DDTM 83) pour la compensation de l'imperméabilisation nouvelle des sols et le rejet dans le milieu naturel (doctrine 2.1.5.0, cf. annexe 2). Cette table est couplée à l'occupation des sols définie dans la BD Ocsol du CRIGE PACA ;
- La seconde approche se base sur **l'interprétation de l'IDPR** présentées précédemment (cf. Tableau 4). Le coefficient correspond au quotient de la valeur moyenne du bassin versant par la valeur maximale de l'IDPR.

$$\text{Soit : } Cr_{IDPR} = \frac{IDPR_{moyen}}{2000}$$

Le tableau suivant présente les coefficients de ruissellement obtenus pour chaque méthode, pour l'ensemble des bassins versants.

Pour le calcul obtenu avec les valeurs issues des tables de la DDTM 83, le coefficient est calculé pour l'occurrence de pluie centennale. Pour celui calculé à l'aide de l'IDPR, la valeur traduit l'état global du sol et cela indépendamment d'une occurrence de précipitation.

Identifiant	Nom du bassin versant	CR 100 - Tables	Cr - IDPR	Différence entre les méthodes	Variation (en %) par rapport à la méthode classique (Tables de CR)
1	Brague_1	0.30	0.63	0.32	108.11
2	Brague_2	0.27	0.23	0.04	-14.43
3	Bresque_1	0.28	0.44	0.15	53.32
4	Bresque_2	0.26	0.31	0.04	15.99
5	Bresque_3	0.27	0.37	0.10	37.22
6	Bresque_4	0.29	0.52	0.23	77.82
7	Bresque_5	0.33	0.47	0.13	40.05
8	Combe_amere	0.31	0.54	0.22	71.52
9	Combe_Obscure	0.26	0.82	0.56	220.04
10	Esparus	0.36	0.67	0.30	83.87
11	Grave_1	0.27	0.57	0.30	115.09
12	Grave_2	0.31	0.45	0.14	43.36
13	Hopital_1	0.26	0.49	0.23	87.51
14	Hopital_2	0.35	0.51	0.16	46.37
15	Vallon du Parouvier	0.39	0.41	0.02	4.83
16	Mandins	0.29	0.66	0.37	130.73
17	Oure_1	0.31	0.32	0.01	4.45
18	Oure_2	0.26	0.59	0.34	132.72
19	Pelcourt_1	0.40	0.71	0.31	75.77
20	Pelcourt_2	0.26	0.67	0.41	159.82
21	Pelcourt_3	0.30	0.50	0.20	66.51
22	Rayeres	0.31	0.49	0.18	56.03
23	Romanille	0.32	0.19	0.13	-40.71
24	Saint-Michel	0.29	0.31	0.01	4.93
25	Thuéry	0.28	0.72	0.44	160.05
26	Tourtour	0.34	0.47	0.14	40.28
27	Amont_Plan	0.46	0.56	0.10	22.31
28	Pelcourt_Plan	0.41	0.56	0.14	35.12
29	Gaudran	0.32	0.77	0.45	137.71
30	Aval_Plan	0.31	0.69	0.38	121.92
31	Serre	0.28	0.79	0.50	177.11
32	Pierre Ambert	0.28	0.79	0.50	179.63
33	Vallon des Laurons	0.28	0.59	0.31	110.70
34	Valpeironne	0.28	0.80	0.52	184.45
35	Vallon de Valbelle	0.31	0.81	0.50	159.85
36	Combe de la Martelle	0.39	0.68	0.29	73.53
37	Buissière	0.33	0.46	0.13	40.58
38	Grand Jas	0.40	0.53	0.13	31.20
39	Fangouse_est	0.31	0.56	0.24	78.30
40	Vallon des Graminiers	0.30	0.76	0.46	154.14
41	Fangouse_ouest	0.43	0.57	0.14	33.23
42	Vallon de Rocas	0.29	0.60	0.31	107.22
43	Parayon	0.34	0.30	0.04	-12.68
44	Confluence	0.31	0.61	0.29	93.38

Tableau 5 : Coefficients de ruissellement calculés

Le calcul des différences entre les deux méthodes met en évidence des écarts importants (valeur plus de deux fois supérieure), avec dans le cas général un coefficient de ruissellement calculé via l'IDPR plus grand que celui obtenu avec les tables de coefficients de la DDTM 83.

La différence la plus importante est observée sur le vallon de Combe Obscure. En effet, sur ce bassin versant l'occupation du sol est majoritairement formée par de la forêt, cela se traduit par un coefficient de ruissellement faible de **0,26**. Cependant, au regard de l'IDPR, le secteur est identifié comme peu perméable avec une valeur d'IDPR de 1640, traduite par un coefficient de ruissellement de **0,82**.

Au regard de l'ensemble des coefficients calculés, les valeurs obtenues avec la méthode de l'IDPR sont trop élevées par rapport à la littérature et aux coefficients de ruissellement utilisés régulièrement en hydrologie des bassins versants. En effet, la détermination de la pluie nette avec ces coefficients conduit pour la plupart des sous-bassins versants à des volumes de crue trop importants. Le calcul du débit de pointe sera alors effectué uniquement avec les coefficients de ruissellement issus de la doctrine MISEN. Les résultats seront ensuite comparés à ceux obtenus avec la méthode du SCS pour laquelle un calage hydrologique est réalisé sur les données de la station des Vingalières.

A.II.4.2. Détermination des Curve Numbers

La détermination des Curve Numbers est nécessaire à l'application de la méthode du SCS Curve Number pour la transformation pluie/débit présentée dans la partie méthodologie (cf. partie A.I.4.2).

Ces coefficients sont déterminés en tenant compte de l'IDPR permettant de caractériser la nature du sol à faire ruisseler ou infiltrer les eaux pluviales ainsi que la BD Ocsol du CRIGE PACA décrivant l'occupation du sol. Un coefficient moyen est alors calculé pour chaque sous-bassin versant. Les coefficients obtenus sont les suivants.

Identifiant	Nom du bassin versant	Curve Number	Identifiant	Nom du bassin versant	Curve Number
1	Brague_1	68	23	Romanille	48
2	Brague_2	46	24	Saint-Michel	55
3	Bresque_1	57	25	Thuéry	70
4	Bresque_2	53	26	Tourtour	62
5	Bresque_3	54	27	Amont_Plan	72
6	Bresque_4	60	28	Pelcourt_Plan	70
7	Bresque_5	61	29	Gaudran	75
8	Combe_amere	64	30	Aval_Plan	68
9	Combe_Obscure	71	31	Serre	69
10	Esparus	71	32	Pierre Ambert	72
11	Grave_1	62	33	Vallon des Laurons	69
12	Grave_2	61	34	Valpeironne	72
13	Hopital_1	58	35	Vallon de Valbelle	68
14	Hopital_2	63	36	Combe de la Martelle	72
15	Vallon du Parouvier	60	37	Buissière	66
16	Mandins	71	38	Grand Jas	68
17	Oure_1	52	39	Fangouse_est	66
18	Oure_2	56	40	Vallon des Graminiers	72
19	Pelcourt_1	70	41	Fangouse_ouest	67
20	Pelcourt_2	71	42	Vallon de Rocas	69
21	Pelcourt_3	68	43	Parayon	60
22	Rayères	64	44	Confluence	67

Tableau 6 : Synthèse des Curve Numbers retenus

A.II.4.3. Temps de concentration

Le temps de concentration représente le temps de parcours nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre le point le plus éloigné du bassin et son exutoire.

De nombreuses méthodes permettant le calcul du temps de concentration existent. Les méthodes les plus couramment employées en hydrologie sont les méthodes empiriques italiennes. Ces formules établies pour la plupart sur des bassins versant alpins à forte pente ont tendance à donner des temps de concentration sous-estimés. Dans le cas de cette étude, la connaissance du bassin de la Bresque laisse présumer de temps de transfert relativement longs en raison d'un potentiel de stockage important et de pentes peu marquées.

Plusieurs méthodes sont alors utilisées puis comparées :

- Formulations italiennes : Ventura / Passini / Turraza
- Van Te Chow ;
- SCS Lag ;
- Simas-Hawkins (SCS).

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Bassins versants		Temps de concentration (minutes)					
Identifiant	Nom du bassin versant	Ventura	Turraza	Passini	Van te Chow	SCS Lag	Simas-Hawkins
1	Brague_1	72	71	92	68	248	100
2	Brague_2	91	81	105	65	427	177
3	Bresque_1	201	172	223	99	575	251
4	Bresque_2	181	174	225	116	814	185
5	Bresque_3	145	135	175	94	589	186
6	Bresque_4	103	80	103	53	240	200
7	Bresque_5	99	81	106	58	250	188
8	Combe_amere	78	75	97	68	272	119
9	Combe_Obscure	41	36	47	38	109	93
10	Esparus	45	37	48	36	104	102
11	Grave_1	109	93	121	67	285	191
12	Grave_2	105	85	110	59	246	211
13	Hopital_1	106	79	102	50	230	229
14	Hopital_2	93	77	100	58	226	180
15	Vallon du Parouvier	17	13	17	16	47	93
16	Mandins	48	43	56	44	128	97
17	Oure_1	155	132	171	83	483	259
18	Oure_2	97	78	101	55	281	190
19	Pelcourt_1	27	27	35	37	110	56
20	Pelcourt_2	18	15	20	20	46	68
21	Pelcourt_3	76	66	85	54	195	126
22	Rayeres	179	155	201	95	457	212
23	Romanille	337	283	366	133	1069	389
24	Saint-Michel	82	72	94	60	302	158
25	Thuéry	47	39	51	38	113	102
26	Tourtour	79	70	91	59	237	147
27	Amont_Plan	83	71	92	56	186	124
28	Pelcourt_Plan	120	102	132	70	267	158
29	Gaudran	41	34	45	34	81	103
30	Aval_Plan	140	122	158	82	379	145
31	Serre	34	26	34	26	71	109
32	Pierre Ambert	65	54	70	45	132	126
33	Vallon des Laurons	95	87	113	70	260	129
34	Valpeironne	29	24	31	28	72	76
35	Vallon de Valbelle	31	24	30	24	65	103
36	Combe de la Martelle	36	26	34	24	58	119
37	Buissière	34	27	35	27	80	108
38	Grand Jas	29	23	30	24	67	96
39	Fangouse_est	45	42	55	45	165	84
40	Vallon des Graminiers	59	50	64	44	131	115
41	Fangouse_ouest	30	27	35	33	105	69
42	Vallon de Rocas	187	179	232	118	518	171
43	Parayon	47	39	50	37	143	119
44	Confluence	67	56	72	46	165	132

Tableau 7 : Synthèse des temps de concentration calculés

Les temps de concentration obtenus sont très variables en fonction des méthodes employées. L'ensemble de ces temps de concentration est testé dans le modèle hydrologique. La méthode la plus adaptée est retenue lors de la phase de calage du modèle hydrologique présentée dans ce qui suit (cf. partie A.IV.3.2). Il s'agit de la méthode permettant de retrouver la meilleure reproduction de la réponse temporelle aux différentes sollicitations pluvieuses observées. Une seule méthode est retenue pour l'ensemble du modèle. En raison d'une absence de point de contrôle intermédiaire (station hydrométrique) sur le bassin versant, des incertitudes s'ajoutent à la modélisation hydrologique pour cette étape. En effet, la modélisation de la pluie réelle sur les bassins versants situés en amont, le calcul des hydrogrammes correspondants et la comparaison avec le débit obtenu à la station des Vingalières permettent ce travail de calage.

A.III. DONNEES PLUVIOMETRIQUES

A.III.1. Les pluies réelles

Les pluies réelles sont utilisées dans le but de procéder au calage du modèle hydrologique et indirectement au calage du modèle hydraulique en découlant. Ces pluies proviennent des données ANTILOPE J+1 issues des images radar couplées aux données des pluviomètres, au pas de temps horaire.

Ainsi pour chaque sous-bassin versant, le hyétoگرامme moyen de l'évènement de novembre 2019 est calculé, au pas de temps horaire. Cette approche permet une spatialisation de la pluie, plus réaliste, permettant le calage du modèle hydrologique. Ces pluies, pour un même évènement, sont variables comme le montre l'illustration suivante où sont présentés deux hyétoگرامmes extraits pour deux bassins versants différents.

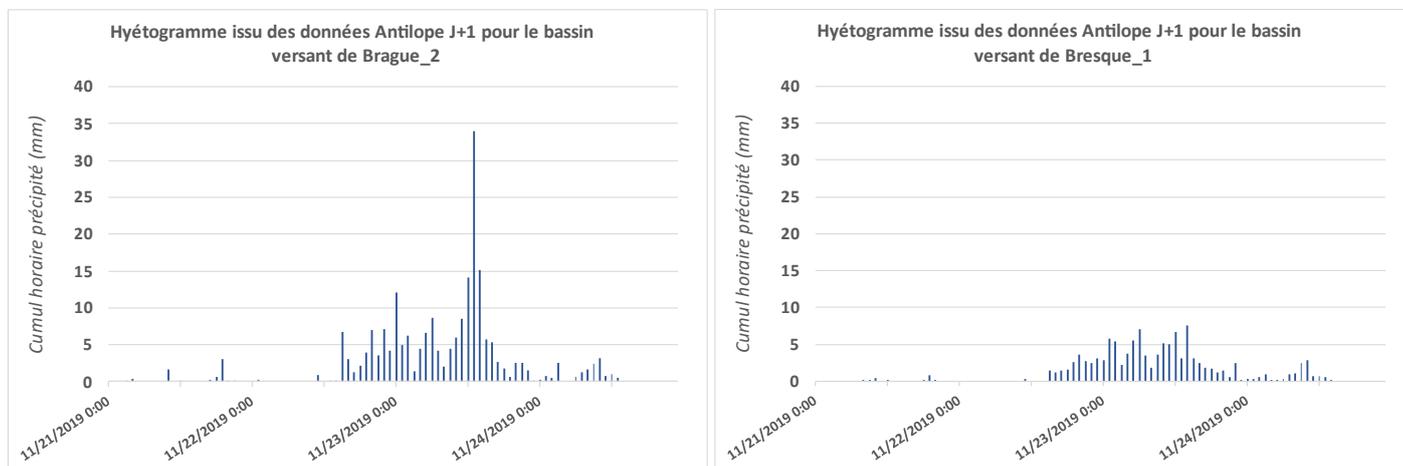


Illustration 8 : Pluies réelles extraites de la données ANTILOPE pour les bassins versants Brague_2 et Bresque_1

Ces deux bassins versants sont distants d'une dizaine de kilomètres. Le pic de pluie mesuré est plus de six fois inférieur sur le bassin de Bresque_1 situé en amont par rapport à celui observé à proximité de Salernes sur le vallon de la Brague. Ces observations témoignent ainsi d'une disparité notable d'un bassin versant à l'autre du fait de cellules orageuses locales.

La pluie réelle ayant eu lieu sur la zone de modélisation est aussi extraite puisqu'elle est intégrée dans le modèle hydraulique. Son hyétoگرامme est présenté dans l'illustration suivante.

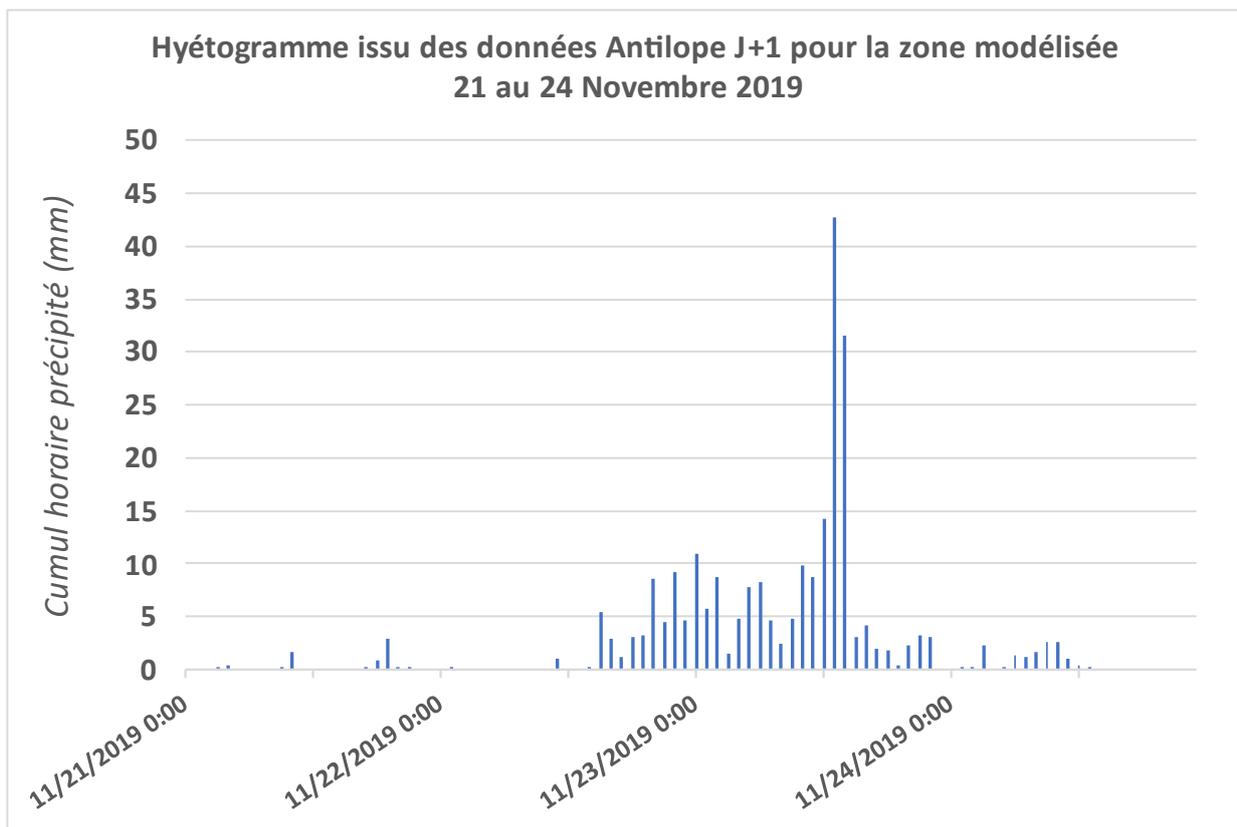


Illustration 9 : Hyétogramme de la pluie précipitée sur la zone de modélisation lors de l'épisode de novembre 2019

Pour cette même zone, le hyétogramme de l'évènement pluvieux du 15 juin 2010 est aussi étudié. À cette date, une pluie forte et similaire à celle de 2019 (en termes de cumul) s'est abattue sur le bassin versant de la Bresque ne causant pour autant aucun débordement majeur de la Bresque comme en 2019. Le hyétogramme de cette pluie sur la zone modélisée est le suivant.

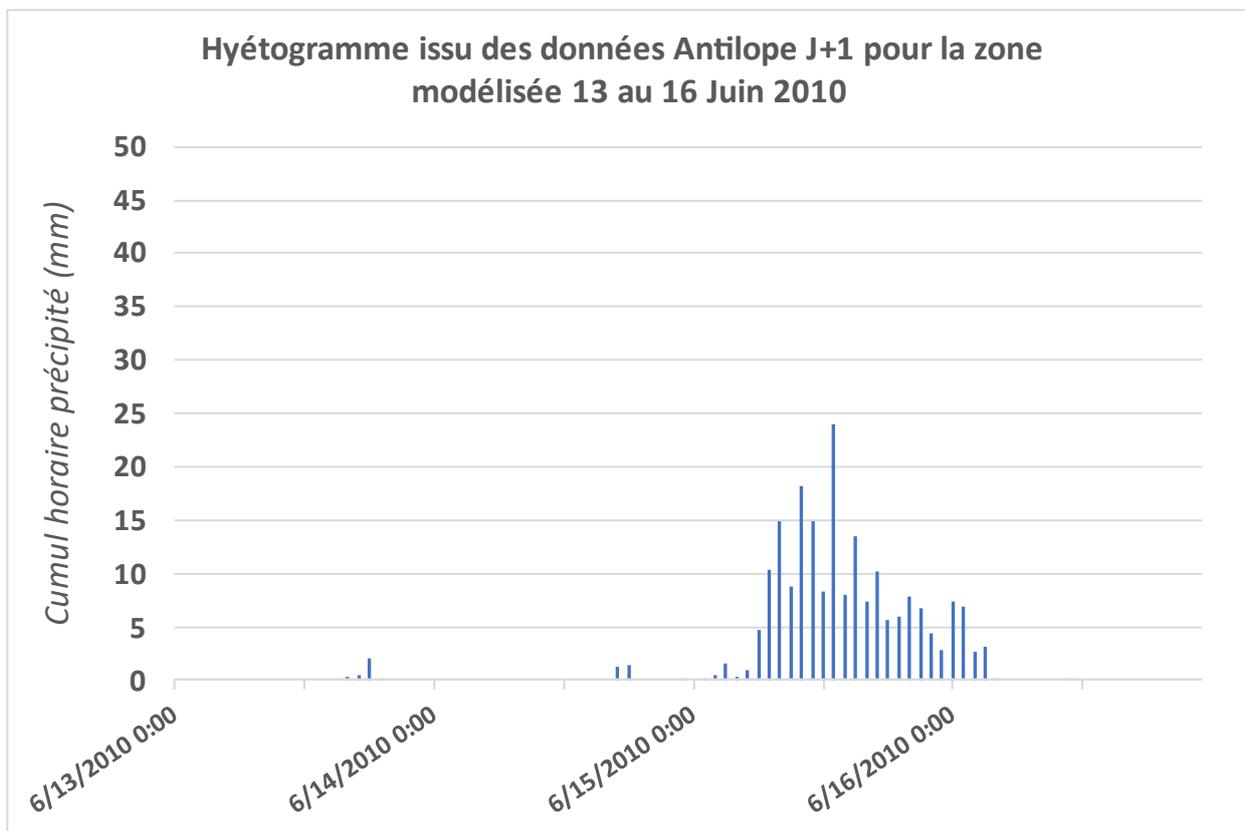


Illustration 10 : Hyétogramme de la pluie précipitée sur la zone de modélisation lors de l'épisode de juin 2010

Enfin, en 2018, une pluie moins intense ayant conduit à un débordement de la Bresque à Salernes est aussi étudiée. Le hyétogramme de cette dernière, sur la zone de modélisation est le suivant.

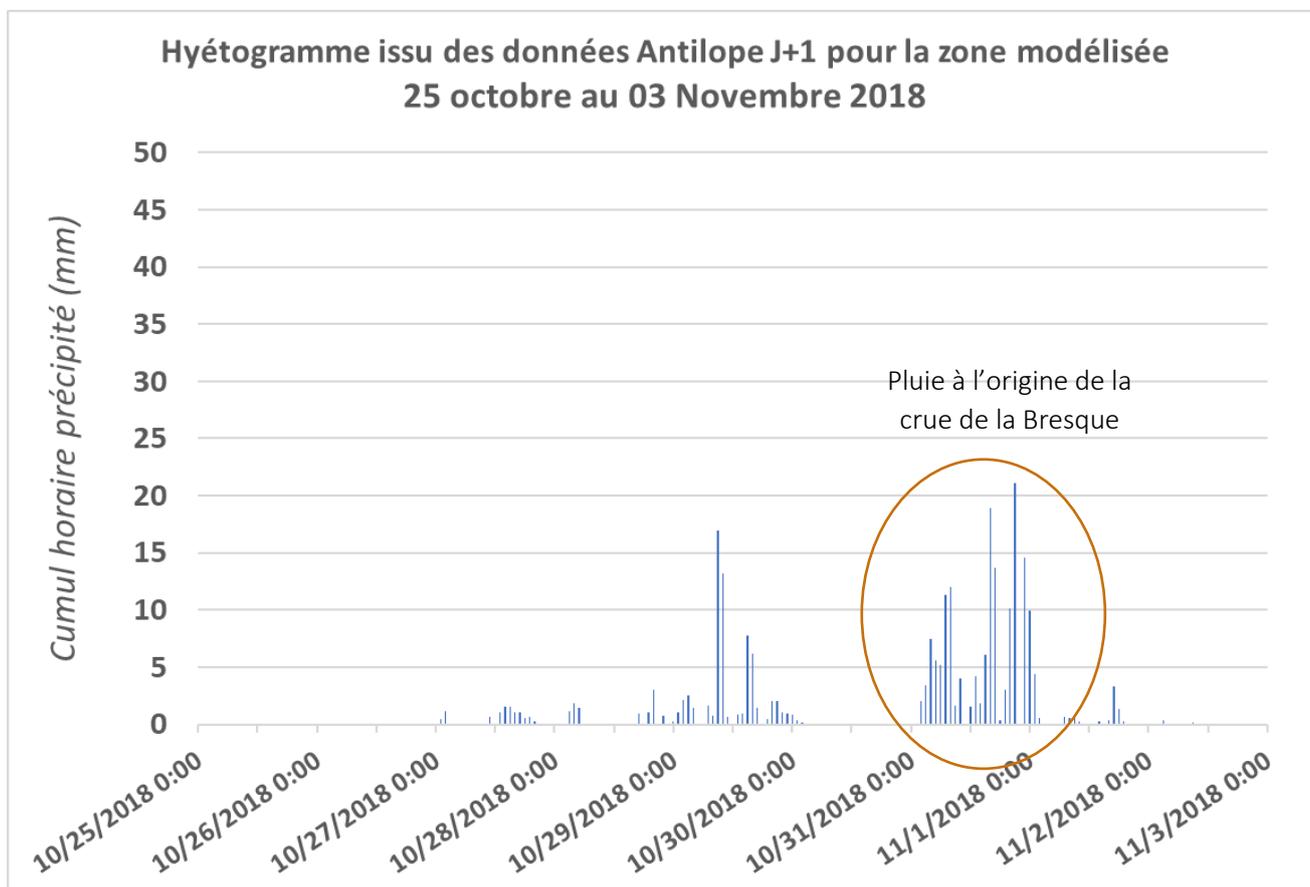


Illustration 11 : Hyétogramme de la pluie précipitée sur la zone de modélisation lors de l'épisode d'octobre 2018

Les caractéristiques principales de ces pluies sont les suivantes :

	Novembre 2019		Juin 2010		Octobre 2018	
	Données	Occurrences associées	Données	Occurrences associées	Données	Occurrences associées
Durée totale (h)	33	-	28	-	26	-
Cumul total (mm)	229.3	100 ans	200.7	< 100 ans	163.0	20 à 30 ans
Cumul horaire maximal (mm)	42.8	5 à 10 ans	24.1	< 5 ans	21.1	< 5 ans
Cumul 6h maximal (mm)	111.9	30 ans	89.2	10 à 20 ans	67.2	< 5 ans
Cumul 12h maximal (mm)	142.8	30 à 50 ans	144.3	30 à 50 ans	104.1	10 ans
Cumul 24h maximal (mm)	209.3	> 100 ans [cumul24h 100 ans = 203 mm]	198.3	< 100 ans	162.4	30 ans

Tableau 8 : Comparaison des pluies de novembre 2019 et Juin 2010

Les occurrences associées sont définies sur les bases des courbes Hauteur Durée Fréquence calculées avec les coefficients de Montana de la station Météo France d'Aups présentée dans ce qui suit. Cette analyse met en évidence que l'épisode de novembre 2019, du fait de sa durée et du cumul total de précipitation, est associé à une période de retour de 100 ans. Pour autant, le pic le plus intense, sur une heure, est seulement associé à une occurrence de 5 à 10 ans. Pour les événements de 2010 et 2018, le pic horaire le plus intense présente une occurrence inférieure à 5 ans.

L'épisode de Juin 2010 présente un pic intense relativement faible alors que la totalité de l'évènement est associée à une occurrence proche de 100 ans. Cette pluie importante n'a pour autant pas été à l'origine de débordement majeur de la Bresque comme en 2019. Ces différences de réponse sont expliquées plus en détail dans la partie relative à la modélisation hydrologique qui suit. À contrario, en 2018, malgré une pluie plus faible, la Bresque semble avoir réagi de manière plus importante. L'absence de connaissance précise du débit de la Bresque en 2010 ne permet cependant pas de comparer clairement les réponses hydrauliques en 2010 et 2018.

À noter que les valeurs obtenues ici sont issues de hyétogrammes moyennés provenant de la donnée ANTILOPE J+1, à l'échelle de la zone de modélisation. Il est possible que des cumuls plus forts aient eu lieu localement mais aussi que la pluviométrie globale du bassin versant soit différente.

A.III.2. Les pluies statistiques

A.III.2.1. Caractérisation de la pluie de projet Keifer 100 ans.

L'utilisation des pluies statistiques intervient dans un second temps, une fois le modèle utilisé, jugé suffisamment représentatif de la réalité hydrologique du secteur d'étude. La construction de ces pluies repose sur l'utilisation des coefficients de Montana pour différentes durées et période de retour collectées auprès de Météo-France sur la période 1994 – 2021. Ces données proviennent de la station d'Aups situées dans le bassin versant de la Bresque, en amont de la zone modélisée. Ils sont issus de l'ajustement des courbes Intensité-Durée-Fréquence et sont synthétisés dans le tableau suivant.

Coefficients de Montana - Station d'Aups (chronique étudiée : 1994 - 2021)						
Durée (h)	6'<d<2h		2h<d<6h		6h<d<24h	
Période de retour	a	b	a	b	a	b
5 ans	38.4	0.518	41.2	0.703	44.1	0.712
10 ans	45.9	0.499	49.2	0.703	52.5	0.712
20 ans	53.4	0.478	57.4	0.702	61.0	0.713
30 ans	58.1	0.465	62.5	0.700	66.3	0.714
50 ans	63.7	0.451	69.2	0.698	73.0	0.715
100 ans	72.1	0.428	78.3	0.695	82.6	0.717

Tableau 9 : Coefficients de Montana à la station d'AUPS (source : Météo France)

Ce poste pluviométrique est le plus représentatif du secteur d'étude puisqu'il est inclus dans le périmètre de l'étude hydrologique. Sa période de mesure est jugée suffisante même si légèrement inférieure à 30 ans. Elle intègre les récents épisodes pluvieux intenses comme celui de 2019 par exemple.

L'utilisation de ces paramètres permet de construire la pluie de projet suivante. Il s'agit d'une pluie de type Keifer, de durée 24h, au pas de temps 6 minutes. Cette durée de 24h est retenue puisqu'elle représente environ 2 fois le temps de concentration du bassin versant de la Bresque. Elle constitue l'évènement faisant le plus réagir le bassin versant en termes de débit générés.

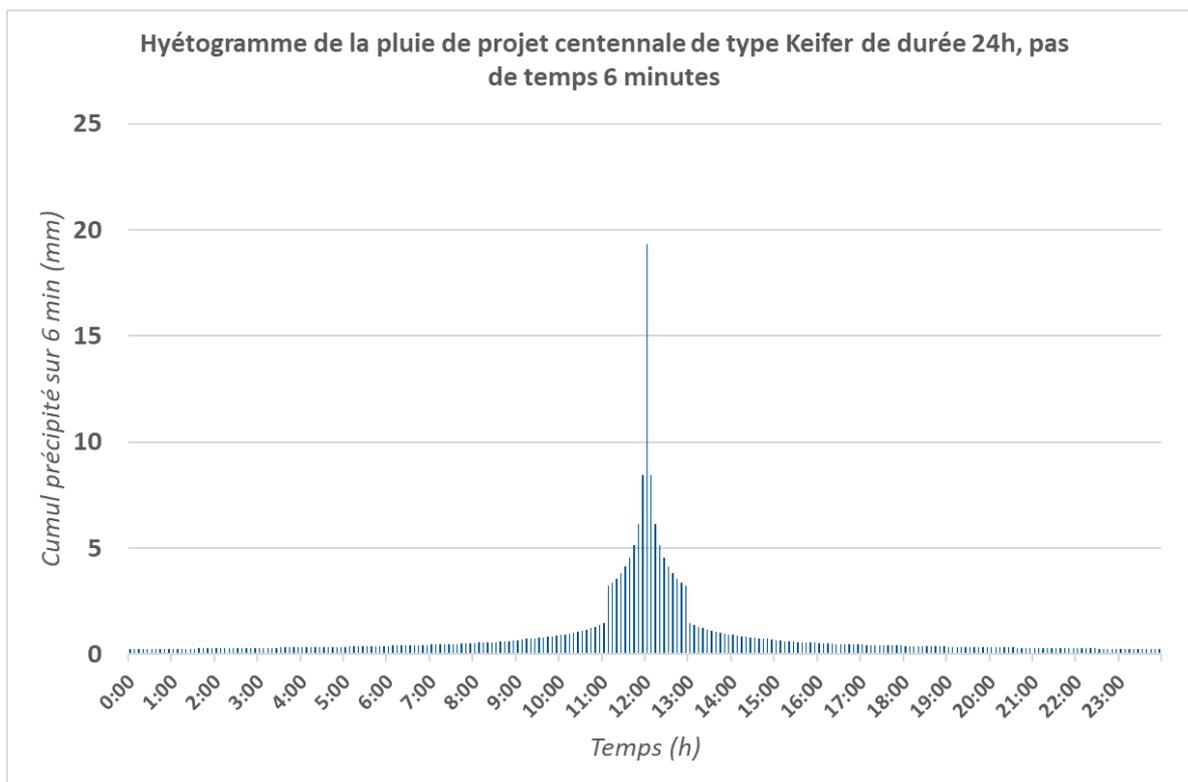


Illustration 12 : Pluie de projet utilisée pour l'étude de l'évènement centennal

Cette pluie utilisée pour la définition de l'aléa inondation peut être comparée à l'épisode du 23 novembre 2019 sur l'emprise de la zone modélisée. Le tableau suivant établit ce comparatif.

	<i>Pluie du 23 novembre 2019</i>	<i>Pluie de projet Keifer T = 100 ans</i>
Durée totale (h)	33	24
Cumul total (mm)	229.3	209.9
Cumul horaire moyen sur la durée totale (mm)	7.0	8.8
Cumul horaire maximal (mm)	42.8	72.1

Tableau 10 : Comparaison de la pluie de novembre 2019 et de la pluie Keifer 100ans/24h

La comparaison de cette pluie de projet avec celle de l'évènement de novembre 2019 sur la zone de modélisation met en évidence un cumul horaire moyen sur la durée de l'évènement plus faible pour la pluie de 2019 à l'origine d'un volume précipité total plus faible. La différence la plus importante concerne le cumul horaire maximum qui est bien en dessous de celui statistiquement estimé pour l'occurrence centennale via les coefficients de Montana.

A.III.2.2. Caractérisation de l'ensemble des pluies de projet utilisées

Les pluies de projet utilisées pour l'ensemble des occurrences sont des pluies type Keifer sur une durée de 24h. Les caractéristiques principales de ces pluies de projet sont présentées dans le tableau suivant.

Occurrence de la pluie	Cumul total (24h) (mm)	Cumul (12h) (mm)	Cumul (6h) (mm)	Pic intense 1h (mm)	Pic intense 6min (mm)
5	108.8	90.2	73.9	38.4	12.7
10	130.7	107.4	88.0	45.9	14.5
30	166.9	134.9	110.7	58.1	17.0
50	184.4	148.2	121.6	63.7	18.0
100	209.9	166.9	137.2	72.1	19.3
500	304.4	242.0	198.9	104.5	28.0

Tableau 11 : Caractéristiques des pluies de projet Keifer

Les pluies utilisées ont un pas de temps de 6min. Elles permettent ainsi de représenter l'intensité pluvieuse maximale statistique associée au jeu de coefficients de Montana.

A.IV. DETERMINATION DES DEBITS DE POINTE ET DES HYDROGRAMMES DE CRUE

A.IV.1. Connaissance des débits de crue sur la Bresque à Salernes

La zone d'étude est équipée d'une seule station située à Salernes. Il s'agit de la station hydrométrique des Vingalières datant de 1970. Celle-ci était initialement positionnée à l'est du boulo-drome de Salernes et a été déplacée en 1997, 300 mètres plus en amont sur une portion de la Bresque plus rectiligne. Le positionnement des stations est présenté dans l'illustration suivante.

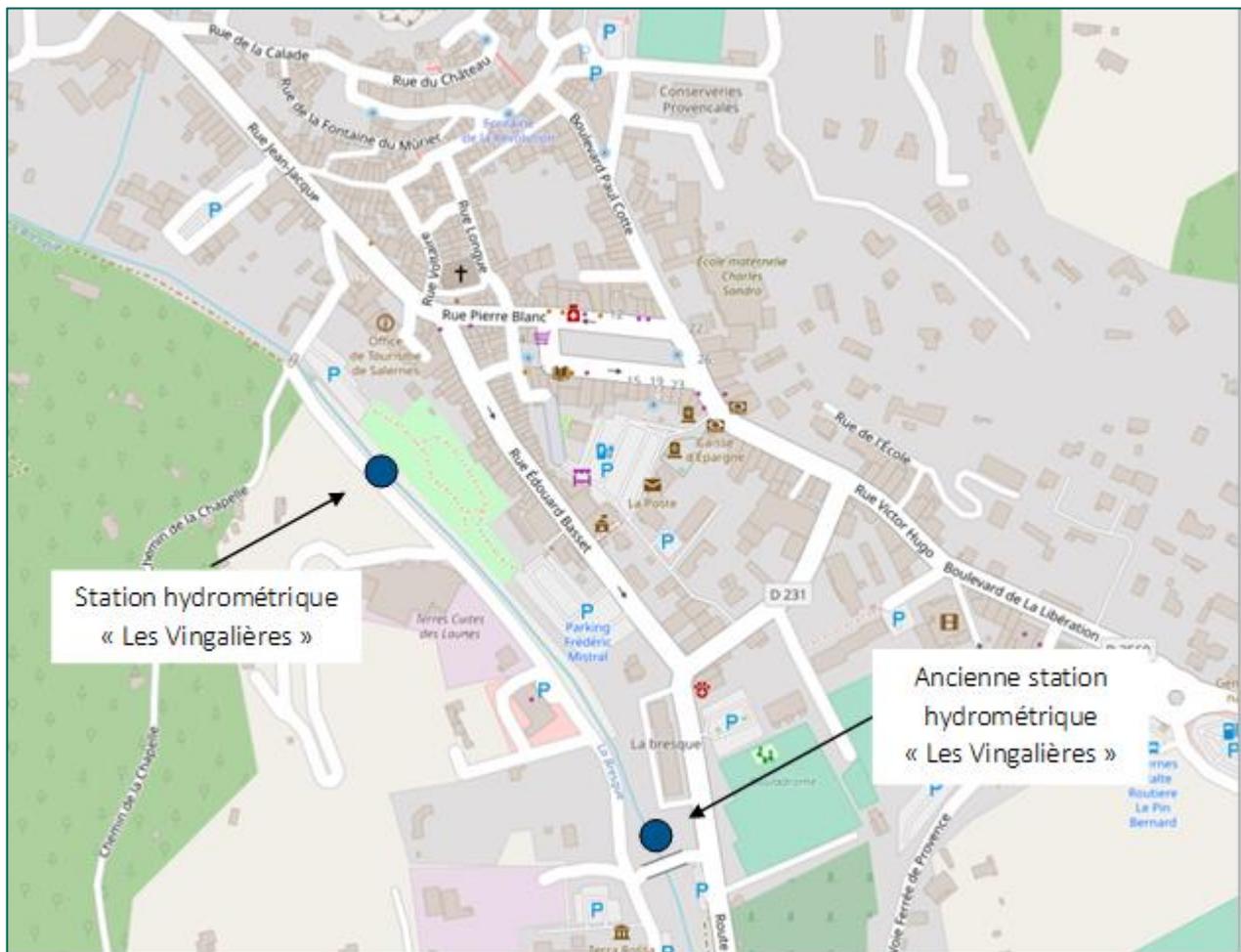


Illustration 13 : Localisation de la station actuelle et de l'ancienne station hydrométrique "Les Vingalières"

L'étude complète des données hydrométriques est présentée en phase 1.

En résumé :

- **Le débit de crue maximal mesuré à ce jour est de $110 \text{ m}^3/\text{s}$ (depuis 1970).** Il a été mesuré lors de l'évènement du 23 novembre 2019 à 15h45. Des doutes sur la fiabilité de cette mesure non pas été levés. La mesure provenant d'une courbe de tarage, aucun jaugeage n'avait permis de mesurer ce débit par le passé. La mesure provient alors probablement d'une extrapolation de la courbe de tarage existante ;
- Les jeux de données à disposition pour chacune des stations sont insuffisants pour définir les quantiles de crue pour une occurrence supérieure à la crue cinquantiennale.

A.IV.1.1. Ajustement de Gumbel

Une analyse fréquentielle supplémentaire des données de l'Hydroportail a été réalisée. Elle propose l'ajustement d'une loi de Gumbel sur l'ensemble des données retenues pour les analyses fréquentielles de l'ancienne et de la nouvelle station des Vingalières. La proximité des deux stations permet d'émettre l'hypothèse que les mesures de débit sont réalisées au même endroit.

Cet ajustement de Gumbel est présenté dans le graphique ci-dessous.

Entité Y511 5020, Loi de Gumbel sur les QIXnJ (avec n = 1, non glissant) de statut 'données pré-validées et validées' du 01/01/1971 au 28/08/2023, intervalle de confiance 95%, calculé le 03/08/2023 à 11:10 (TU)

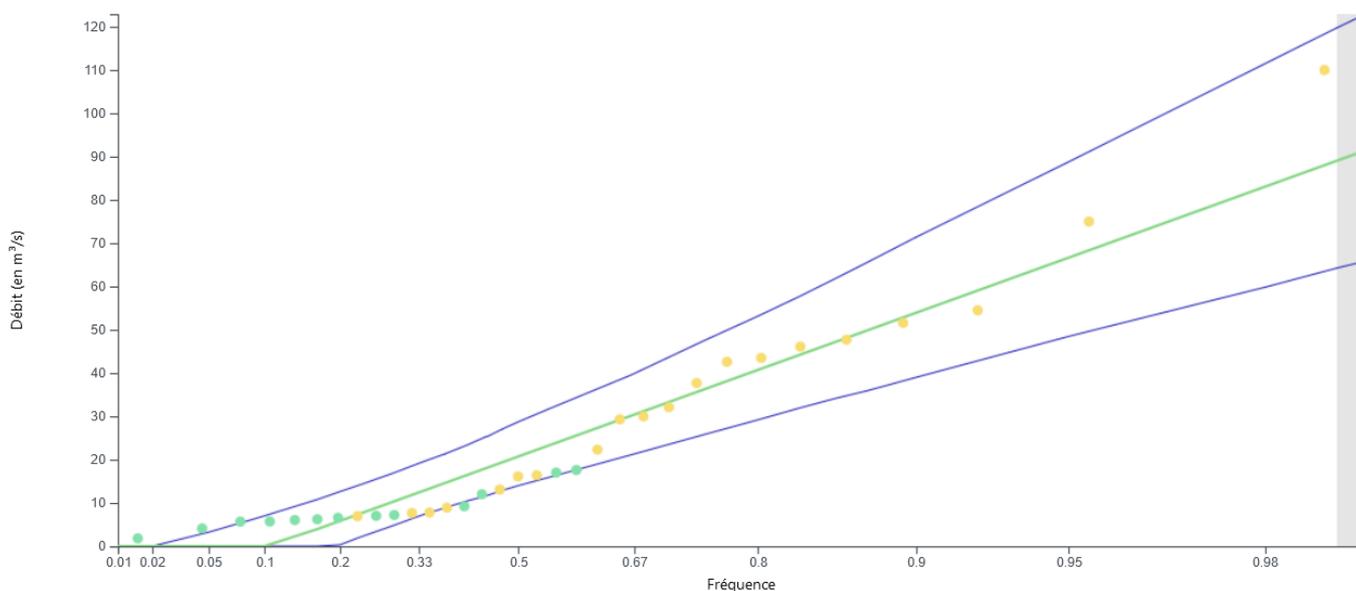


Illustration 14 : Ajustement de Gumbel sur l'ensemble des débits maximum retenus à la station des Vingalières de 1970 à 2023

L'utilisation d'un ajustement par la méthode des moments permet de définir les quantiles de débit suivants. Les ajustements fournis par l'Hydroportail sont aussi consignés dans ce tableau.

Occurrence	Débits statistiques [m³/s] (34 données)	Plage de débit avec intervalle de confiance à 95%
2	20.1	[13.6 – 27.1]
5	39.9	[29.8 – 52.5]
10	53.1	[39.6 – 69.3]
20	65.7	[49.0 – 85.6]
30	72.9	[50.5 – 99.1]
50	82.0	[61.0 – 107.0]
100	94.0	[65.9 - 127.5]

Tableau 12 : Quantiles des débits de crue calculés avec l'ajustement de Gumbel par la méthode des moments (Source : Hydroportail)

L'ajustement obtenu met en évidence que les valeurs ne suivent pas forcément la distribution loi de Gumbel. La valeur maximale mesurée à la station (110 m³/s) serait donc statistiquement d'une occurrence supérieure à 100 ans (quantile non fourni par l'Hydroportail et recalculé avec la chronique de débit retenue). L'utilisation de la loi de Gumbel est jugée non satisfaisante au regard de la répartition des données autour de la droite théorique. La définition des occurrences, au-delà de l'occurrence cinquantennale, n'est pas fiable au regard du jeu de données à disposition.

A.IV.1.2. Ajustement Pearson III

Une méthodologie d'analyse fréquentielle complémentaire a été utilisée pour définir l'occurrence des débits mesurés et modélisés. Un ajustement de Pearson III a été utilisé. Cette loi plutôt utilisée aux États-Unis pour l'analyse fréquentielle des débits de crue, montre des meilleurs résultats avec un ajustement de la répartition théorique plus proche des valeurs mesurées.

Entité Y511 5020, Loi de Pearson III sur les QIXnJ (avec n = 3, glissant) de statut 'données pré-validées et validées' du 01/01/1971 au 26/07/2023, intervalle de confiance 95%, calculé le 27/07/2023 à 12:37 (TU)

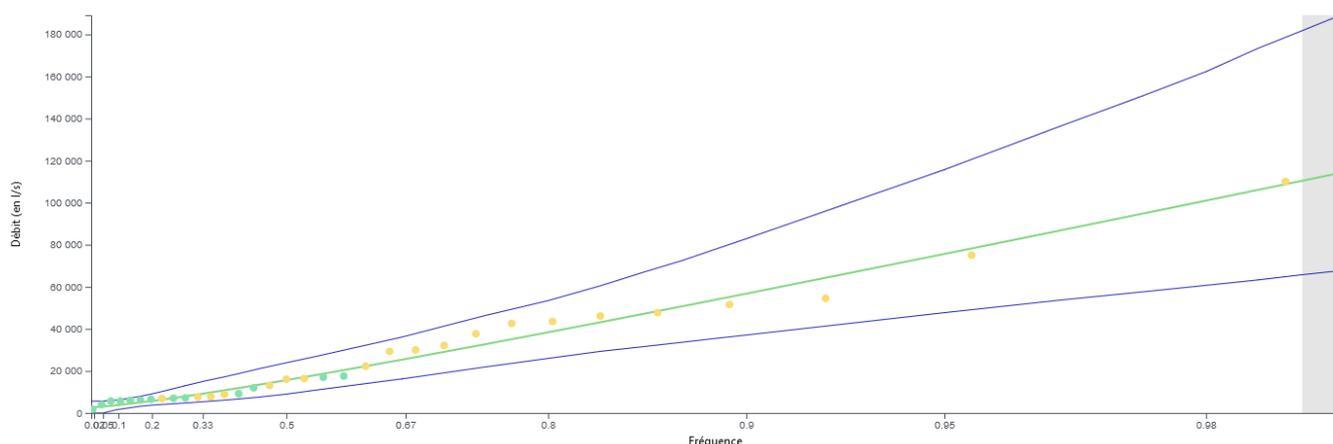


Illustration 15 : Ajustement d'une loi de Pearson III aux débits de crue mesurés

Toutefois, au regard de la faible quantité de données utilisables (34 valeurs), le débit centennal ne peut pas être déterminé de manière robuste en restant dans le domaine de validité de la méthodologie. L'extrapolation réalisée permet d'estimer ce débit à 120 m³/s.

Occurrence	Débits statistiques [m³/s] (34 données)	Plage de débit avec intervalle de confiance à 95%
2	15.0	[8.5 – 22.6]
5	37.5	[24.6 – 51.8]
10	55.9	[35.7 – 78.7]
20	74.8	[46.7 – 111]
30	86.1	[52.4 – 131]
50	100.3	[59.3 – 156]
100	119.9	-

Tableau 13 : Quantiles des débits de pointe selon l'ajustement Pearson III – Méthode des L-moments

Cet ajustement met alors en évidence que le débit de $110 \text{ m}^3/\text{s}$ mesuré à la station des Vingalières en novembre 2023 est rattaché à une occurrence de 70 ans suivant l'ajustement de Pearson III (fréquence de non-dépassement de 0.9857). Cependant, au regard des intervalles de confiance calculés, ce débit de $110 \text{ m}^3/\text{s}$ pourrait aussi correspondre à une crue vicennale.

Cet ajustement de Pearson III même s'il présente de nombreuses incertitudes (qualités de la mesure des débits de pointe, taille de l'échantillon, etc.) constitue la meilleure référence faisant correspondre à un débit, une occurrence donnée. Les valeurs données dans le Tableau 13 serviront alors de référence dans la suite de l'étude.

Toutefois, l'ensemble des analyses réalisées ne permet pas de conclure quant à la valeur du débit de pointe centennial sans sortir du domaine de validité des méthodes au regard de l'échantillon de données. En effet, la faible quantité de données et le nombre de crues majeures restreint, conduisent à de nombreuses incertitudes liées à l'ajustement statistique employé ici. De plus, le nombre important de données, décrites comme douteuses, à la station des Vingalières conforte sur le besoin d'une analyse prudente des occurrences identifiées dans la cadre de cette étude.

A.IV.2. Calcul des débits de pointe

Comme présenté en partie A.I.4.1, le calcul des débits de pointe est réalisé en utilisant la méthode rationnelle ainsi que les estimations des débits pseudo-spécifiques définis dans le référentiel de l'Argens. Pour la méthode des débits pseudo-spécifiques, la relation n'est théoriquement valable que pour les bassins versants de 500 à 5 000 hectares. Ces approches simplifiées ne sont pas toujours adaptées et ne tiennent pas compte des nombreuses singularités liées à chaque sous bassin versants. Elles sont utilisées afin d'apporter des éléments de comparaison pour le raisonnement à mener dans la suite de l'étude.

- Pour la méthode rationnelle, les coefficients de ruissellement utilisés sont ceux précédemment déterminés selon la méthode classique de l'occupation des sols (cf. partie A.II.4).
- Pour la méthode des débits pseudo spécifiques (données issues du référentiel de l'Argens), les relations sont les suivantes ;
 - Zone amont de Salernes : $T = 100 \text{ ans} : 1.5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^{1.6}$
 - Zone aval de Salernes : $T = 100 \text{ ans} : 2.9 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^{1.6}$

La notion de zone amont et aval de Salernes n'étant pas traduite clairement dans le référentiel, il a été fait l'hypothèse que la partie aval commençait sur la zone du Plan et s'étendait à l'ensemble des bassins versants au sud. Ainsi les sous-bassins du Vallon de Pelcourt sont supposés comme étant localisés en zone amont.

La synthèse des débits de pointe calculés avec la méthode rationnelle pour les différentes formulations du temps de concentration est présentée dans le tableau suivant. Les débits obtenus avec la méthode du référentiel y sont aussi présentés.

Identifiant	Nom du bassin versant	CR 100	Qp (m ³ /s) Formules italiennes	Qp (m ³ /s) Van Te Chow	Qp (m ³ /s) Tc SCS	Qp (m ³ /s) Simas Hawkins	Qp (m ³ /s) référentiel
			Méthode rationnelle				
1	Brague_1	0.30	22.0	23.4	10.0	19.7	4.6
2	Brague_2	0.27	22.8	26.4	7.7	14.0	5.6
3	Bresque_1	0.28	43.2	73.6	20.7	36.6	13.8
4	Bresque_2	0.26	18.7	29.3	6.9	19.3	7.4
5	Bresque_3	0.27	24.3	35.1	9.5	21.1	7.8
6	Bresque_4	0.29	24.1	30.9	12.2	13.8	5.4
7	Bresque_5	0.33	43.8	54.1	21.5	26.2	7.9
8	Combe_amere	0.31	30.2	33.0	13.2	25.9	5.9
9	Combe_Obscure	0.26	13.0	13.6	8.6	9.2	2.8
10	Esparus	0.36	17.4	18.8	12.0	12.1	2.7
11	Grave_1	0.27	52.4	64.2	24.8	32.8	11.5
12	Grave_2	0.31	69.0	86.3	35.0	39.0	12.2
13	Hopital_1	0.26	27.3	36.0	14.3	14.3	6.7
14	Hopital_2	0.35	61.2	74.0	31.4	36.8	9.7
15	Vallon du Parouvier	0.39	10.1	10.0	6.4	4.7	1.2
16	Mandins	0.29	18.7	19.7	11.0	14.0	3.6
17	Oure_1	0.31	71.8	110.0	32.5	49.7	16.8
18	Oure_2	0.26	17.7	22.1	7.9	10.4	4.7
19	Pelcourt_1	0.40	8.7	7.9	5.0	6.6	1.3
20	Pelcourt_2	0.26	5.2	4.9	3.4	2.9	1.0
21	Pelcourt_3	0.30	17.5	20.2	9.3	12.5	3.8
22	Rayeres	0.31	42.9	69.3	22.5	38.1	12.0
23	Romanille	0.32	79.9	149.9	34.9	72.0	27.4
24	Saint-Michel	0.29	27.7	31.8	11.2	17.6	5.8
25	Thuéry	0.28	11.9	12.9	8.1	8.5	2.5
26	Tourtour	0.34	45.5	51.8	21.6	30.0	7.7
27	Amont_Plan	0.46	26.6	31.2	15.0	19.9	7.6
28	Pelcourt_Plan	0.41	35.3	44.2	18.2	26.2	11.7
29	Gaudran	0.32	30.0	32.0	22.2	20.0	8.6
30	Aval_Plan	0.31	10.2	14.8	5.2	9.9	6.4
31	Serre	0.28	13.7	14.8	9.7	8.0	4.7
32	Pierre Ambert	0.28	23.7	27.2	15.2	15.6	9.3
33	Vallon des Laurons	0.28	24.7	28.6	12.0	19.4	11.3
34	Valpeironne	0.28	7.0	7.1	4.7	4.6	2.7

Identifiant	Nom du bassin versant	CR 100	Qp (m ³ /s) Formules italiennes	Qp (m ³ /s) Van Te Chow	Qp (m ³ /s) Tc SCS	Qp (m ³ /s) Simas Hawkins	Qp (m ³ /s) référentiel
			Méthode rationnelle				
35	Vallon de Valbelle	0.31	10.8	11.5	7.5	6.2	3.5
36	Combe de la Martelle	0.39	19.5	22.0	15.1	11.1	4.9
37	Buissière	0.33	11.9	12.8	8.0	7.1	3.8
38	Grand Jas	0.40	11.4	12.0	7.8	6.7	2.9
39	Fangouse_est	0.31	8.1	8.3	3.9	6.3	3.3
40	Vallon des Graminiers	0.30	17.4	19.6	10.8	12.9	6.7
41	Fangouse_ouest	0.43	6.7	6.5	3.9	4.7	1.9
42	Vallon de Rocas	0.29	42.9	68.2	22.2	47.7	26.2
43	Parayon	0.34	12.4	13.7	6.6	8.3	4.2
44	Confluence	0.31	16.7	19.4	9.3	10.9	6.5

Tableau 14 : Synthèse des débits de pointe calculés avec la méthode rationnelle et le référentiel de l'Argens

L'utilisation de la méthode rationnelle pour les différentes méthodes de calcul du temps de concentration met en évidence une disparité importante dans les résultats. Les formulations italiennes ainsi que la méthode de Van Te Chow conduisent pour la plupart des bassins versants au calcul des débits de pointe les plus importants. Les formulations du SCS et de Simas-Hawkins permettent d'obtenir des débits de pointe plus faibles restant toutefois bien supérieurs aux valeurs données par le référentiel de l'Argens.

Le temps de concentration retenu pour le calcul des débits de pointe est celui du SCS Lag. C'est avec cette méthode que la phase de calage de l'évènement de 2019 a pu être réalisée (cf.A.IV.3.2). Dans cette phase de calage est notamment présentée la comparaison de ces débits de pointe avec ceux obtenus par modélisation.

Enfin, les débits de pointe fournis par le référentiel de l'Argens apparaissent trop faibles. Ce référentiel a été établi avant 2019 sur le bassin versant de la Bresque. Les évènements qui y ont été observés jusque-là ont rarement conduit à de fortes inondations malgré des pluies importantes (2010 par exemple) en raison d'une grande capacité d'absorption du bassin versant. Cependant, l'évènement de novembre 2019 vient contredire les règles établies par le référentiel pour ce bassin versant en raison de conditions initiales très défavorables. Les débits ainsi fournis par le référentiel pour le bassin versant de la Bresque semblent être plus adaptés pour des conditions initiales favorables (sol non saturé, karsts vides ou peu sollicités).

Remarque :

Les différentes démarches menées lors de l'étude ont conduit à ne pas retenir les débits SHYREG sur cette étude en raison :

- D'une méthodologie indiquée comme hors domaine de validité pour les bassins versants karstiques ;
- D'une échelle de travail trop large au regard des spécificités du bassin versant et de la précision de la méthodologie employée dans le cadre de la présente étude.

A.IV.3. Détermination des hydrogrammes de crue

A.IV.3.1. Modélisation hydrologique

Le modèle hydrologique créé sous HEC-HMS intègre l'ensemble des sous-bassins versants étudiés précédemment. Ces différentes entités sont reliées entre elles par tronçons de cours d'eau assurant le transfert d'amont en aval. Pour chaque sous bassin versant est renseigné :

- Un Curve Number ;
- Un stock de pertes initiales exprimé en mm et défini par la méthode du SCS ;
- Un temps de réponse ou Lag time correspondant usuellement à 60% du temps de concentration ;
- L'ensemble des caractéristiques géométriques du bassin versant.

Un paramètre supplémentaire, le facteur de pointe, est modifiable pour chacun de ces sous-bassins versants. Il permet d'ajuster les résultats de la fonction de transfert avec l'utilisation de l'hydrogramme unitaire du SCS. Plus concrètement, il traduit la morphologie du bassin versant. Un facteur de pointe élevé (600) est utilisé pour les bassins à forte pente ou urbanisés tandis qu'un facteur faible (100) sera favorisé pour les bassins versants plutôt plats et peu aménagés.

A.IV.3.2. Pluie réelle et calage hydrologique

Une fois le modèle construit, l'étape de calage intervient. À l'issue de cette étape, l'ajout des pluies réelles (radar ANTILOPE J+1) dans le modèle doit aboutir à l'obtention d'un hydrogramme proche de celui mesuré à la station des Vingalières.

Le calage hydrologique est réalisé avec l'évènement du 23 Novembre 2019. Les données à disposition caractérisant l'humidité du sol mettent en évidence le caractère saturé des sols avant la pluie intense ayant mené aux inondations du 22 et 23 novembre 2019.

A.IV.3.2.1. Impact de la saturation des sols en eau

La comparaison des évènements de Juin 2010, Octobre 2018 et Novembre 2019 est utilisée afin de définir le calage le plus approprié. Pour rappel, lors des évènements de 2010 et 2019, le cumul de pluie sur la durée de l'évènement a été rapporté à une occurrence centennale ou proche de centennale avec toutefois des dynamiques différentes. Cependant les hydrogrammes mesurés à la station des Vingalières sont très différents. En 2010, le dysfonctionnement de la station des Vingalières ne permet pas de définir avec justesse l'hydrogramme. Cependant, l'absence de débordement à cet endroit laisse présumer d'un débit de pointe inférieure à 40 m³/s. Cette valeur constitue la capacité minimale du lit mineur à l'approche de la station des Vingalières, revalidée dans la suite de l'étude.

Par comparaison, l'illustration suivante présente la réponse hydrologique ayant eu lieu en 2019 où le pic de crue a atteint 110 m³/s avec ici encore des incertitudes sur la validité de la donnée.

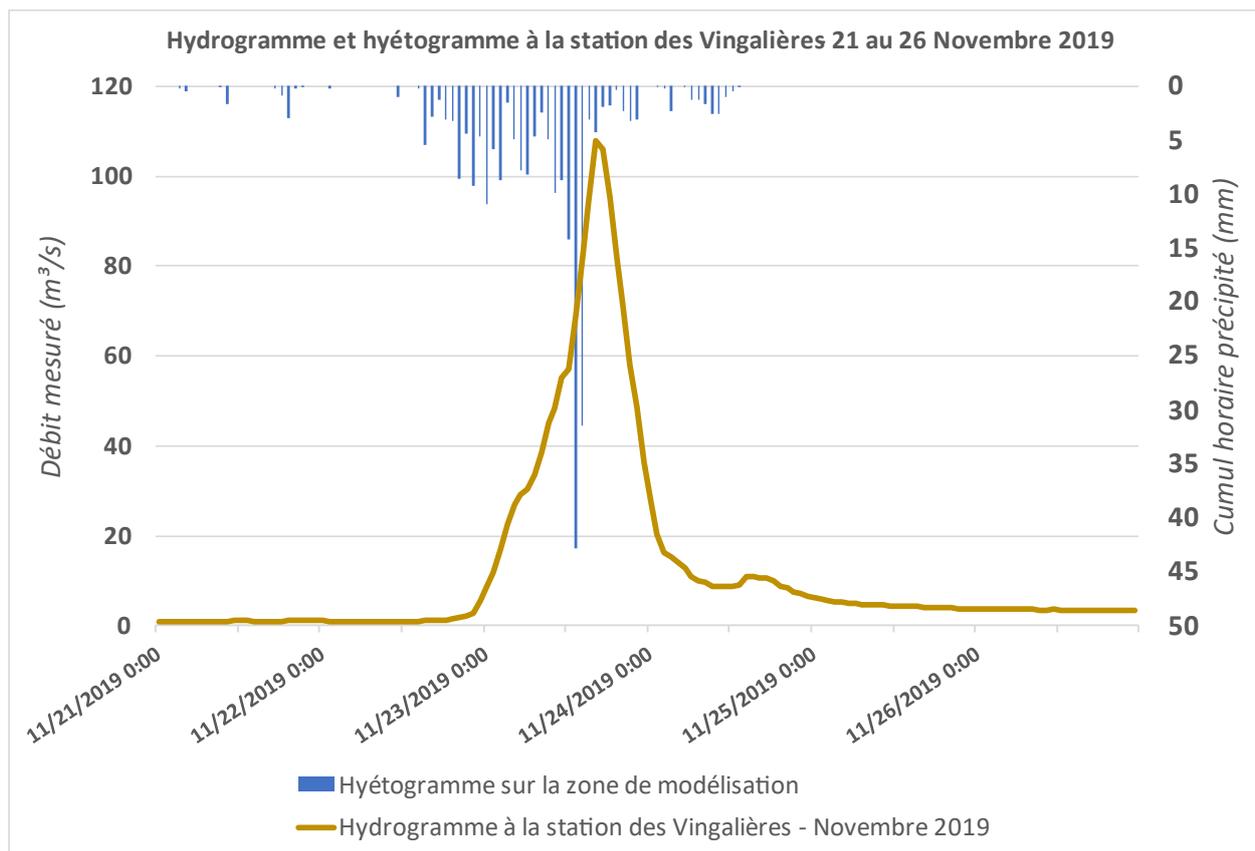


Illustration 16 : Hyétogramme et hydrogramme pour l'évènement de Novembre 2019

En 2018, la pluie a été similaire (dans sa forme) à celle de juin 2010 mais avec un cumul moins important et donc une occurrence associée plus faible comme vu précédemment (20 à 30 ans). Pour autant, la Bresque a bien débordé à Salernes avec un débit de pointe de 72,1 m³/s. La réponse hydrologique lors de cet épisode est présentée dans le graphique suivant.

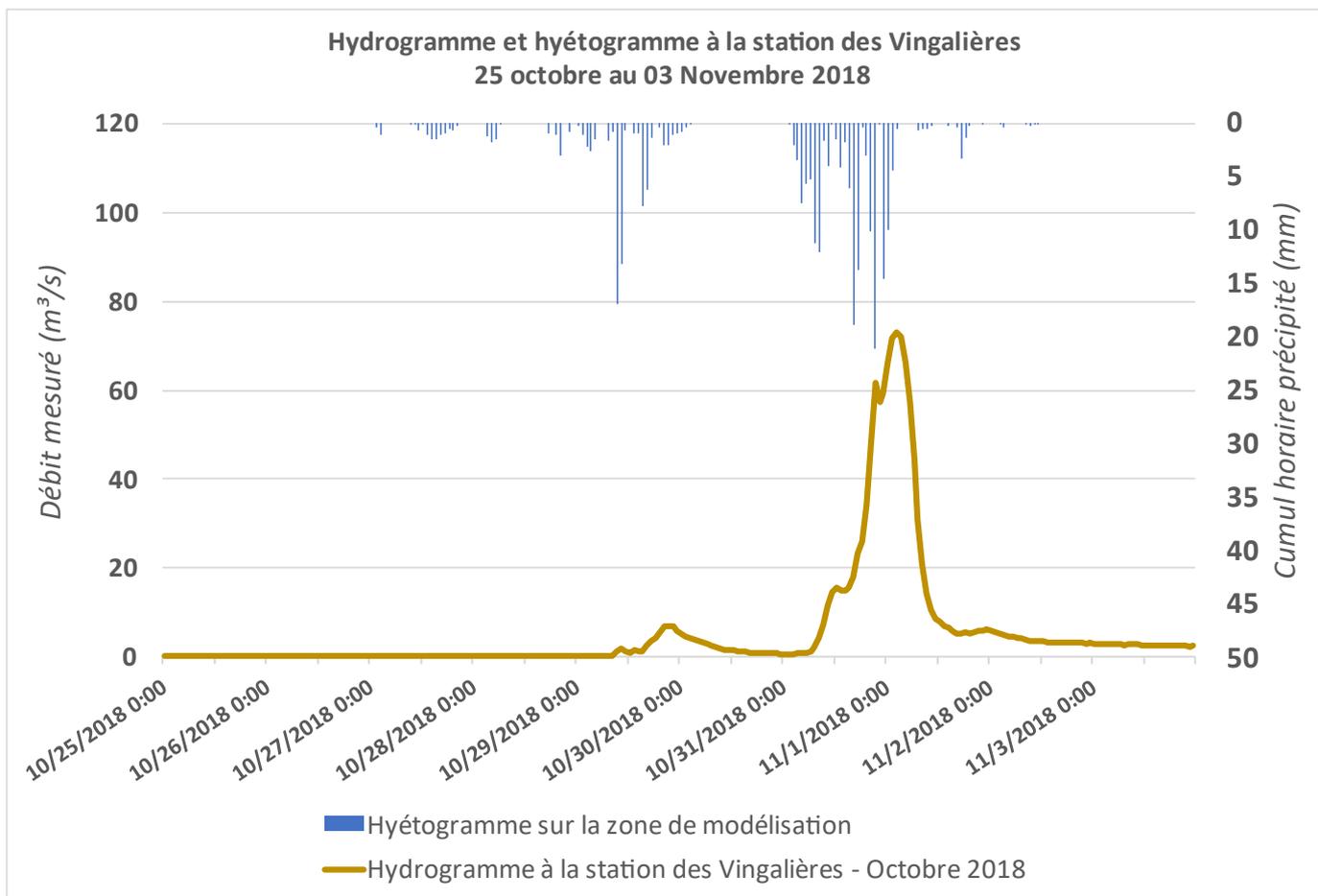


Illustration 17 : Hyétoگرامmes (zone de modélisation) et hydrogrammes (Vingalières) pour l'évènement d'octobre 2018

Ces différences dans les réponses hydrologiques des bassins versants sont principalement liées à une différence de condition initiale du sol au moment de l'apparition de l'évènement. En effet, en Juin 2010, le sol était sec du fait d'une absence de pluie dans les jours précédents. À contrario, en Novembre 2019, quelques jours voire semaines avant les inondations de la Bresque, des pluies régulières ont eu lieu et ont contribué à la saturation partielle des sols.

La cartographie suivante présente la donnée SIM-HU caractérisant l'humidité moyenne des sols quelques heures avant l'apparition des deux évènements pluvieux étudiés, pour l'ensemble du bassin versant.

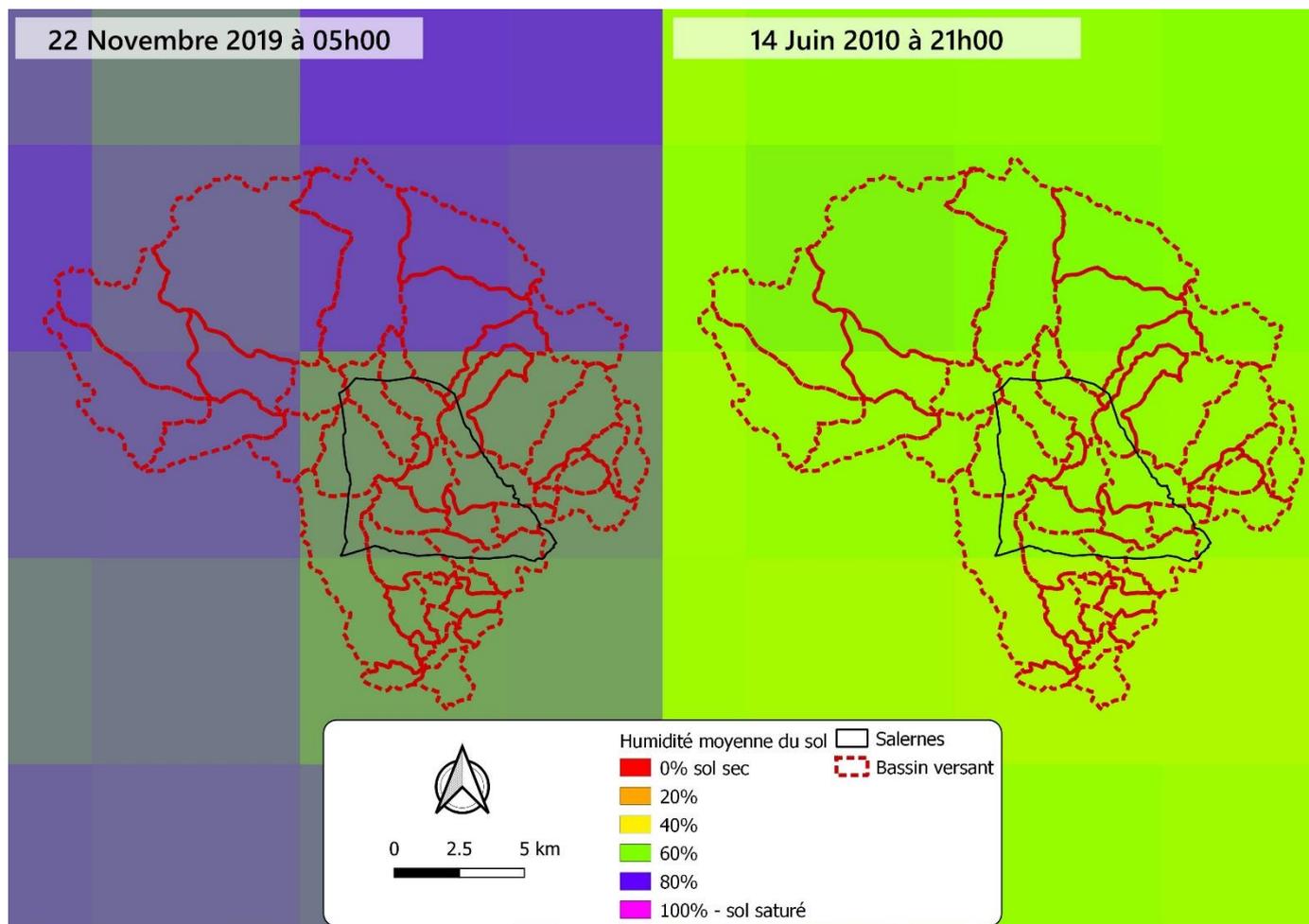


Illustration 18 : Comparaison de l'humidité moyenne des sols avant les crues

Des valeurs inférieures à 45 correspondent en général à des sols secs où seules de fortes intensités de pluies amènent une réponse hydrologique. Le ruissellement par saturation des sols augmente notablement au-dessus de valeurs de l'ordre de 55. Des seuils supérieurs à 70 indiquent un risque de forte réactivité des cours d'eau même pour des cumuls de pluie modérés.

La comparaison met clairement en évidence la différence entre l'état initial en Novembre 2019 et Juin 2010. En 2010, le bassin versant de la Bresque a absorbé la majeure partie de la pluie ne restituant ainsi qu'un débit faible à la station des Vingalières par comparaison à l'importance de l'évènement pluvieux ayant eu lieu. En 2019, la dynamique a été très différente (pic plus intense qu'en 2010). La pluie s'est effectuée sur un sol déjà partiellement saturé, favorable à la formation de ruissellement et donc au gonflement du débit des différents affluents de la Bresque. Cette situation a ensuite été à l'origine des inondations perçues sur le bassin versant.

En 2018, la configuration des sols était similaire à novembre 2019 (cf. Illustration 19).

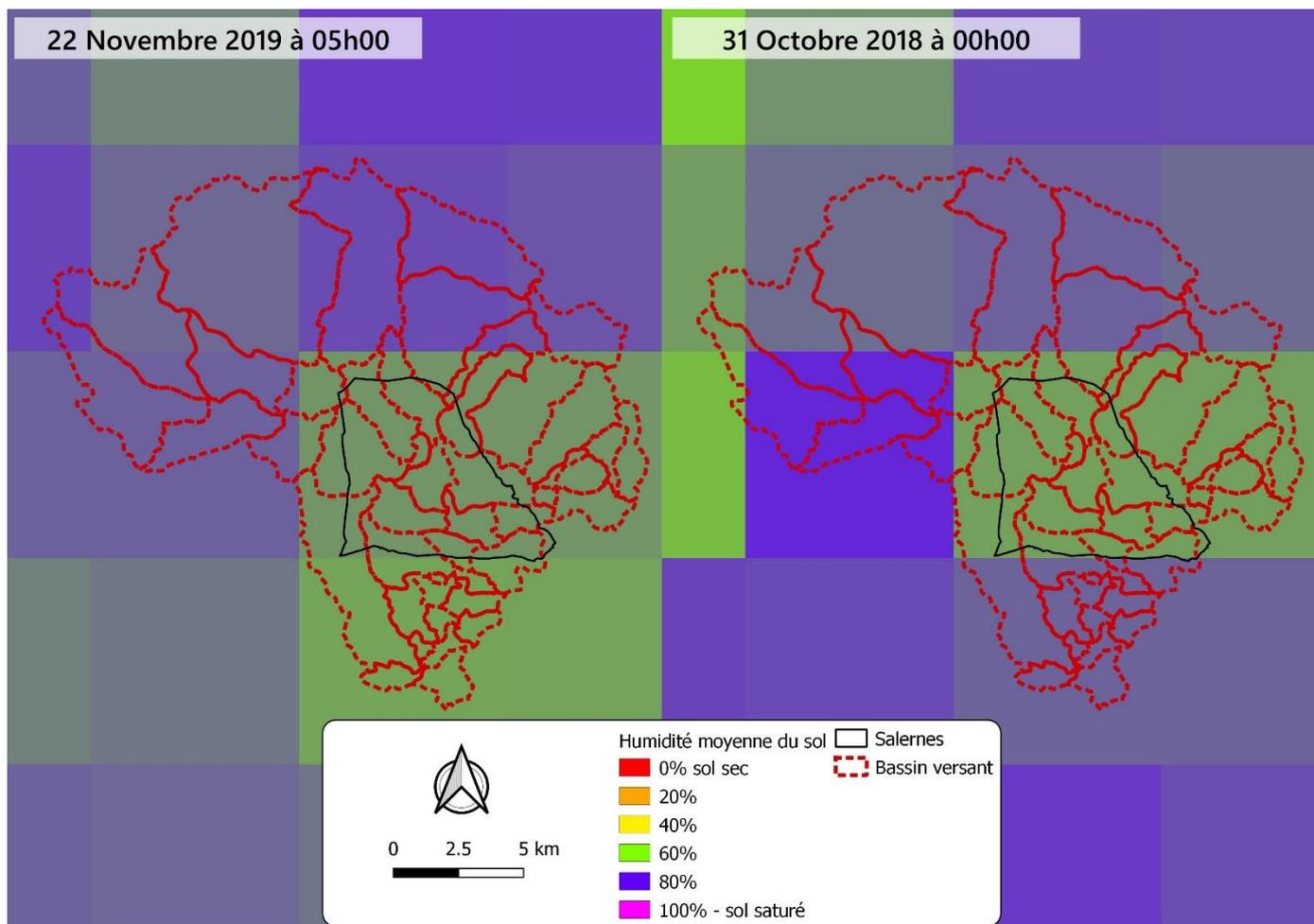


Illustration 19 : État des lieux de la saturation en eau des sols avant les orages ayant conduit aux crues de 2018 et 2019

En définitive, l'analyse de ces trois événements montre qu'en 2010 et 2019, deux pluies d'occurrence 100 ans (selon leur cumul) avec **des conditions de saturation du sols opposées**, ont conduit à des **réponses totalement différentes**. En effet, en 2019, la Bresque a connu sa crue la plus importantes depuis l'instrumentation de la station des Vingalières avec un débit de 110 m³/s, tandis qu'en 2010, ce débit ne semble pas avoir dépassé les 40 m³/s.

L'influence de cette condition de saturation initiale est telle qu'en 2018 un événement d'occurrence 20 à 30 ans sur son cumul total a généré un débit bien plus fort (72 m³/s) qu'en 2010 et a conduit à des débordements de la Bresque dans sa traversée de la commune de Salernes.

A.IV.3.2.2. Calage hydrologique

La phase de paramétrisation des différents sous-bassins versants pour aboutir au calage du modèle hydrologique est réalisée en tenant compte de la morphologie de ces différentes entités. Les valeurs des facteurs de pointe sont adaptées en fonction des pentes et de l'occupation des sols des sous bassins-versants.

L'hydrogramme obtenu est comparé à celui disponible pour la station des Vingalières sur l'Hydroportail.

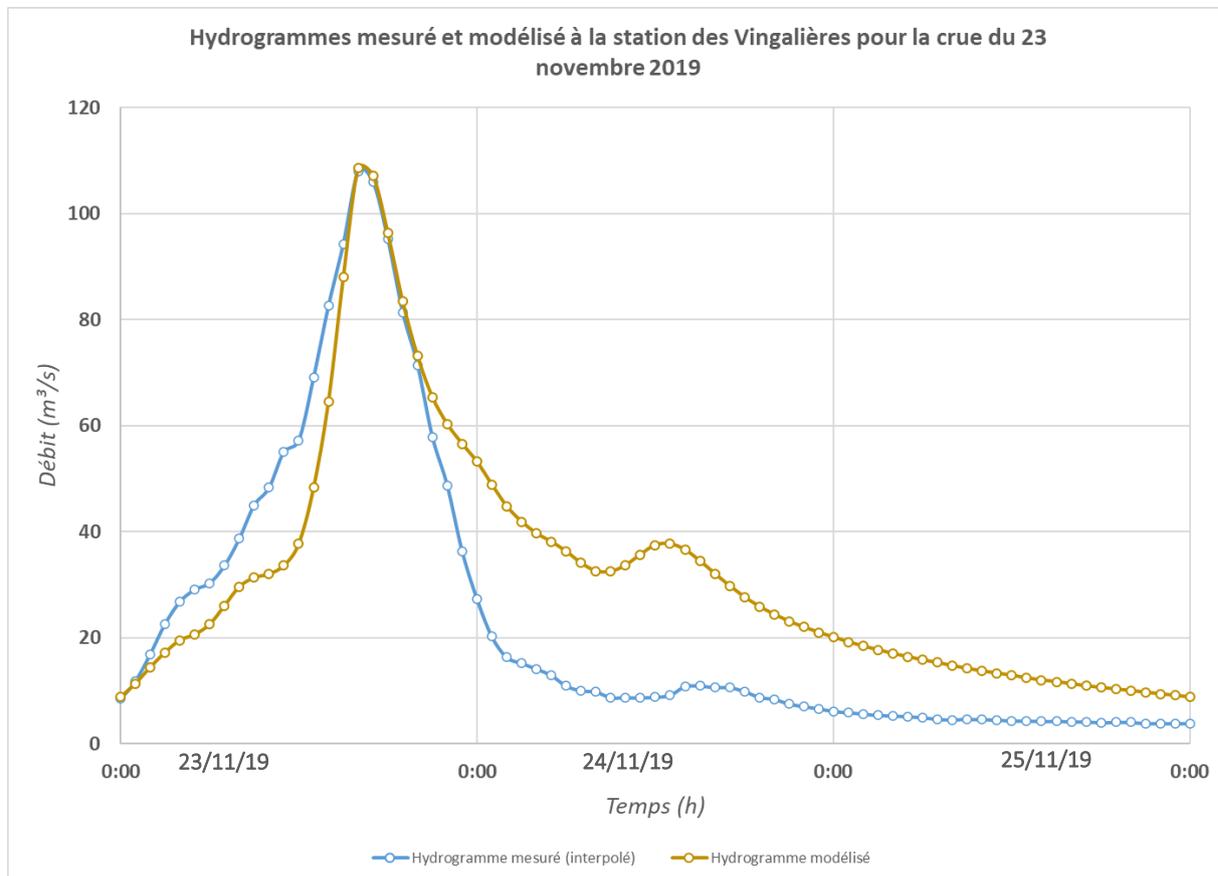


Illustration 20 : Hydrogrammes mesuré et modélisé à la station des Vingalières pour la crue de novembre 2019

L'hydrogramme obtenu avec la modélisation hydrologique permet une bonne représentativité du pic de crue mesuré lors de l'épisode. Il représente avec moins de fidélité le temps de montée ainsi que la décrue.

- Concernant le temps de montée, ces différences peuvent être liées à plusieurs facteurs :
 - Une donnée de pluie ANTILOPE J+1 moyennée par sous-bassins versants avec potentiellement des différences par rapport à la pluie réellement tombée (limite de visibilité liée au radar) ;
 - Des phénomènes singuliers liés aux bassins-versants (aven, failles, résurgences, etc.) ;
 - L'absence d'intégration des premières lames d'eau issues du ruissellement s'effectuant sur la zone de projet en direction du lit de la Bresque.

Cette différence identifiée sur le temps de montée ne va pas impacter le calage de la modélisation hydraulique puisque les repères de crue identifiés doivent correspondre au passage du pic de crue (hormis pour les phénomènes d'accumulation).

Concernant la décrue, ces différences peuvent être aussi liées à plusieurs paramètres :

- Une mauvaise mesure des débits par la station à la suite du passage du pic de crue (remaniement de la morphologie du lit, dysfonctionnement du matériel de mesure) ;
- Une fonction de transfert (hydrogramme unitaire) n'étant pas parfaitement adaptée à une décrue si rapide.

Cette différence sur la phase de décrue est plus marquée que celle observée sur le temps de montée. Elle a pour conséquence d'augmenter le volume de crue. Toutefois, ce temps de décrue mesuré à la station paraît très rapide. En effet, on observe une quasi-absence de réponse du bassin versant à la fin de l'épisode pluvieux alors que les sols étaient complètement saturés à ce moment. Cette dynamique de décrue est totalement opposée à ce qui est constaté sur le temps de montée où les sols encore en capacité de stocker semblent laisser ruisseler l'intégralité des eaux. Ce fonctionnement selon deux dynamiques n'est pas reproductible à l'identique dans la modélisation hydrologique sans utiliser des paramètres en dehors des domaines de validité. Il est probable que suite au passage du pic de crue, un léger remaniement du lit mineur ait conduit à une dérive de la courbe de tarage faisant correspondre des débits plus faibles que ceux s'écoulant réellement (Une incision du lit ou une érosion latérale conduit à une sous-estimation des hauteurs et donc du débit écoulé).

Pour parvenir à ce calage du modèle, de nombreux tests faisant varier les coefficients, les temps de transfert, les fonctions de transfert et les taux de pertes initiales ont été testés. Les paramètres retenus sont les suivants :

- Des pertes initiales homogènes de 2 mm sur l'ensemble des sous-bassins versants ;
- Un lag-time égal à 0,5 fois le temps de concentration défini par la méthode SCS ;
- Des Curve Number réduits de 20% par rapport à ceux définis dans les parties précédentes (cf. A.II.4.2).

L'hypothèse consistant à retrancher 20% au Curve Number théorique (augmentation des pertes par infiltration) est réaliste en raison d'un bassin versant identifié comme particulièrement perméable. Les données bibliographiques sur les Curve Number sont indicatives et nécessitent une adaptation puisqu'elles ne semblent pas parfaitement adaptées au contexte local. La méthodologie de calcul avec les équations du SCS reste toutefois la même.

A.IV.3.2.3. Modélisation hydrologique d'un autre évènement

Une fois le modèle hydrologique calé, il permet de définir la réponse qu'aurait le bassin versant de la Bresque à Salernes à une pluie donnée, pour des conditions initiales et des événements aléatoires (écoulements souterrains, embâcles, pic de pluie intense, spatialisation de la pluie, etc.) identiques à ceux de novembre 2019. Les hypothèses hydrologiques réalisées sont ensuite transposées aux autres sous-bassins versants non jaugés pour les besoins de la modélisation hydraulique.

Le modèle permet dans un second temps, d'estimer les réponses hydrologiques des bassins versants à une pluie donnée, pour des paramètres initiaux et des fonctionnements proches. Le modèle ne présente ainsi aucune validité pour l'étude d'un phénomène pluvieux sur un sol complètement sec.

En octobre 2018, une crue de la Bresque a eu lieu avec des conditions initiales proches de celles de 2019. Les quelques jours précédant la crue, des pluies peu abondantes ont participé à la saturation partielle des sols des sous-bassins versants en amont (cf. Illustration 19). L'utilisation du modèle calé pour l'évènement de 2019 sur cet évènement de 2018 permet d'obtenir l'hydrogramme suivant à la station des Vingalières.

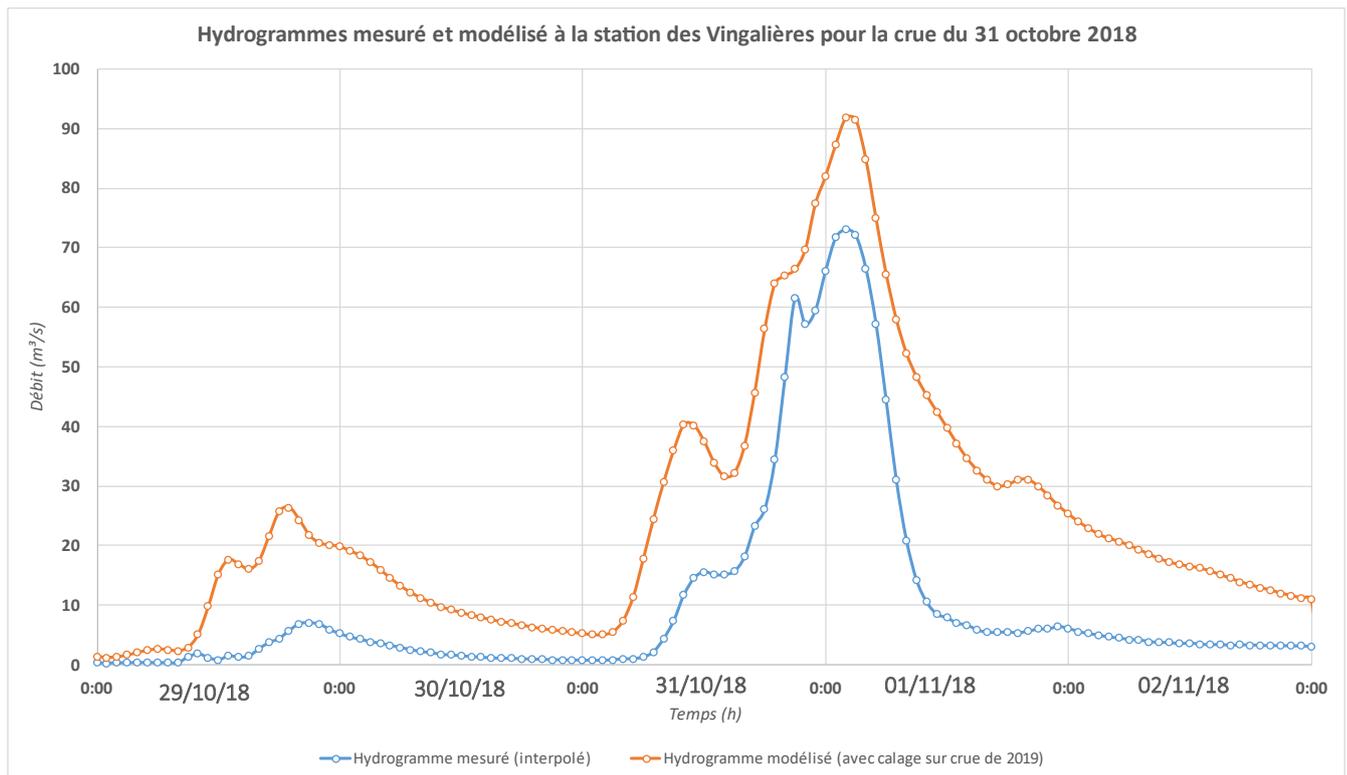


Illustration 21 : Hydrogrammes mesuré et modélisé à la station des Vingalières pour la crue d'octobre 2018

Ce résultat montre une différence non négligeable avec l'hydrogramme réellement mesuré (hydrogramme mesuré avec incertitude selon les données de l'hydroportail). D'une manière générale, les débits s'écoulant sont plus importants que ceux mesurés. Les temps de réponse sont cependant comparables mais avec des valeurs de débits plus fortes. Cette bonne synchronisation permet de valider les hypothèses réalisées pour la détermination des temps de concentration et des lag time. Le surplus de volume s'écoulant est lié, en partie, à une utilisation de Curve Number trop élevés pour cet évènement.

Les illustrations ci-dessous permettent de comparer les évènements pluvieux de 2018 et 2019 (source : Antilope J+1).

- La première série de cartes présente le cumul pluviométrique total sur la durée de la pluie à l'origine de la crue et de la décrue. En 2018 la pluie a duré 43 heures contre 52 heures en 2019 ;
- La deuxième série de carte présente le cumul horaire maximal enregistré sur chaque sous-bassin versant pendant la durée de l'évènement ;
- La dernière rangée de carte présente le cumul total divisé par la durée de l'évènement, soit, un cumul horaire moyen.

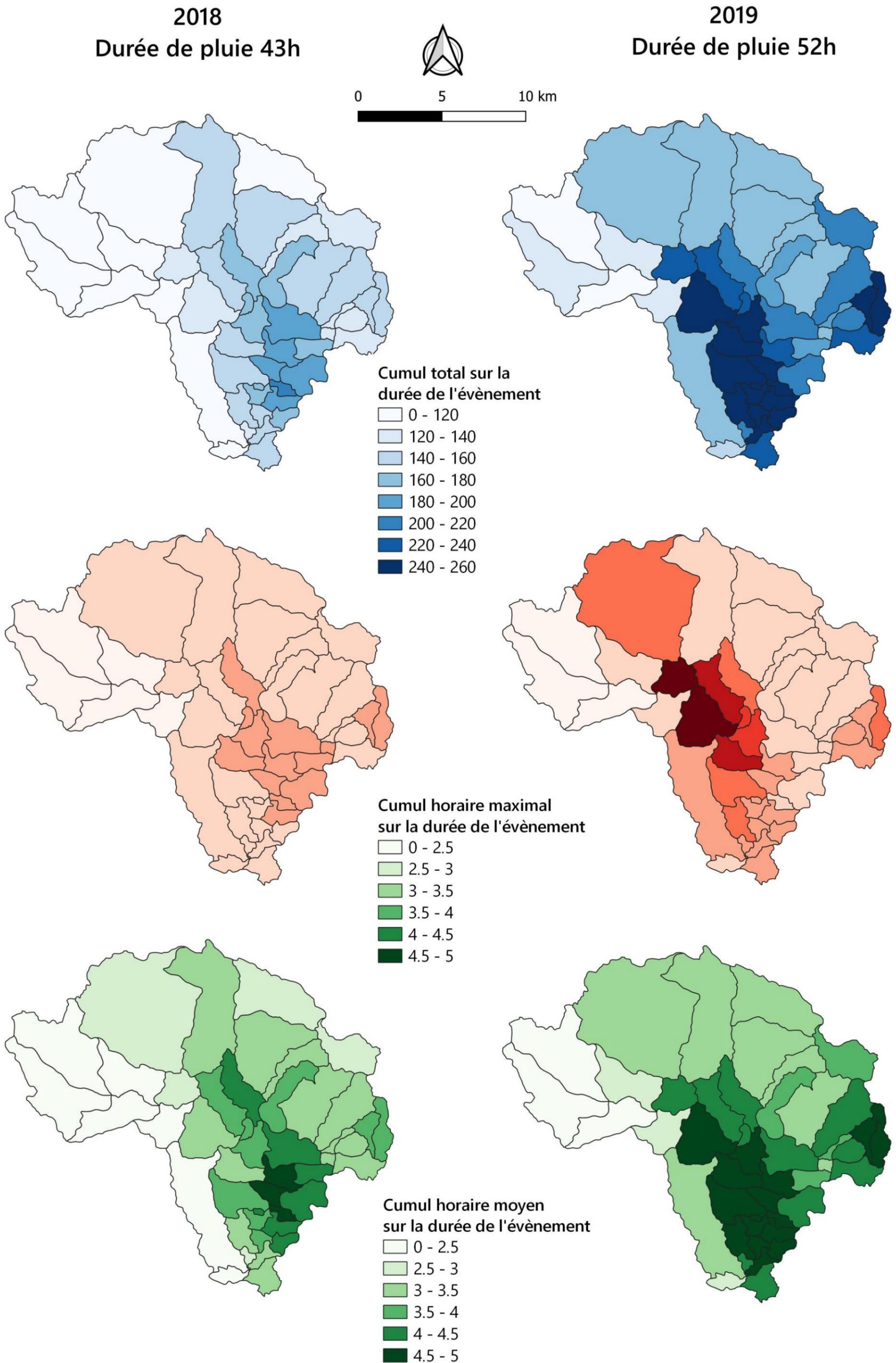


Illustration 22 : Comparaison des pluies d'octobre 2018 et novembre 2019 (sur la période de crue)

L'étude de ces données permet de comprendre d'où peuvent provenir les différences observées malgré des conditions initiales (données Sim Hu) très proches entre les deux évènements. Les incertitudes conduisant à ces différences sont nombreuses, les principales sont les suivantes :

- Le cumul pluviométrique total étant plus important en 2019, l'augmentation du coefficient de ruissellement au cours de l'évènement (calcul pluie brute/pluie nette avec équations du SCS) suit alors une dynamique différente sur l'ensemble de l'évènement. Un jeu de CN plus faible (pertes augmentées) permettrait ainsi de retrouver une courbe modélisée plus proche de la courbe mesurée ;
- Les cartes précédentes montrent une spatialisation de la pluie relativement différente avec notamment en 2019 une pluviométrie très intense, localisée sur les sous-bassins versants centraux. À contrario en 2018, la pluie est apparue plus homogène à l'échelle du bassin versant de la Bresque ;
- L'utilisation de la donnée ANTILOPE J+1 au pas de temps horaire conduit à un lissage de la pluviométrie sur le pas de temps et ne permet pas la représentation des pics de pluie intenses. Ces phénomènes fortement aléatoires peuvent conduire à une augmentation soudaine du débit alors non représentée par la modélisation ;
- Les stocks disponibles dans les unités karstiques ne sont pas connus et probablement différents malgré un état de saturation des sols en surface équivalent.

Ce travail met alors clairement en évidence qu'avec le peu de données d'entrée à disposition sur le bassin versant de la Bresque (mesures de débit en différents points du bassin versant), il est impossible de procéder à la mise en place d'un modèle hydrologique caractérisant la réponse pluie/débit à Salernes pour n'importe quel évènement pluvieux et toute condition initiale. En effet, l'absence de connaissance sur les sous-bassins amonts ne permet pas d'identifier les dynamiques de ces derniers et oblige à une analyse globale du bassin versant. Le modèle permet d'obtenir seulement une estimation, de la réponse pluie/débit pour une pluie se déroulant avec des conditions initiales et une spatialisation proche de celles de 2019.

La création d'un tel modèle, non nécessaire dans le cadre de la caractérisation de l'aléa sur la commune de Salernes, est un outil bien plus complexe assimilé à un travail de recherche pour lequel de nombreux paramètres d'entrée et d'analyses sont indispensables. Dans le cas de la Bresque, cela nécessiterait la mise en place de plusieurs stations hydrométriques en amont, sur des bassins versants plus réduits. La réponse de chaque sous bassin versant pourrait alors être identifiée précisément là où aujourd'hui, le seul point de contrôle est celui de la station des Vingalières, qui draine un bassin versant aux nombreuses singularités.

A.IV.3.3. Utilisation de la pluie de projet

Une fois le modèle hydrologique jugé suffisamment représentatif de la transformation pluie/débit mesurée à la station des Vingalières pour l'évènement pluvieux de novembre 2019, l'utilisation des pluies de projet Keifer 24h est généralisée aux différents sous-bassins versants.

On obtient ainsi une transformation de la pluie de projet en hydrogramme, avec une dynamique similaire à celle observée en novembre 2019. Cette transformation est réalisée pour l'ensemble des pluies de projet, des occurrences 5, 10, 30, 50, 100 et 500 ans.

Les hydrogrammes sont extraits **en différents points du modèle hydrologique correspondants aux points d'injection du modèle hydraulique**. Les courbes ci-dessous présentent ces différents hydrogrammes pour la pluie d'occurrence 100 ans au pas de temps 6 minutes. Ainsi, l'hydrogramme intitulé Bresque correspond à l'arrivée de la Bresque sur la zone de modélisation, à l'approche de la retenue de la Muie.

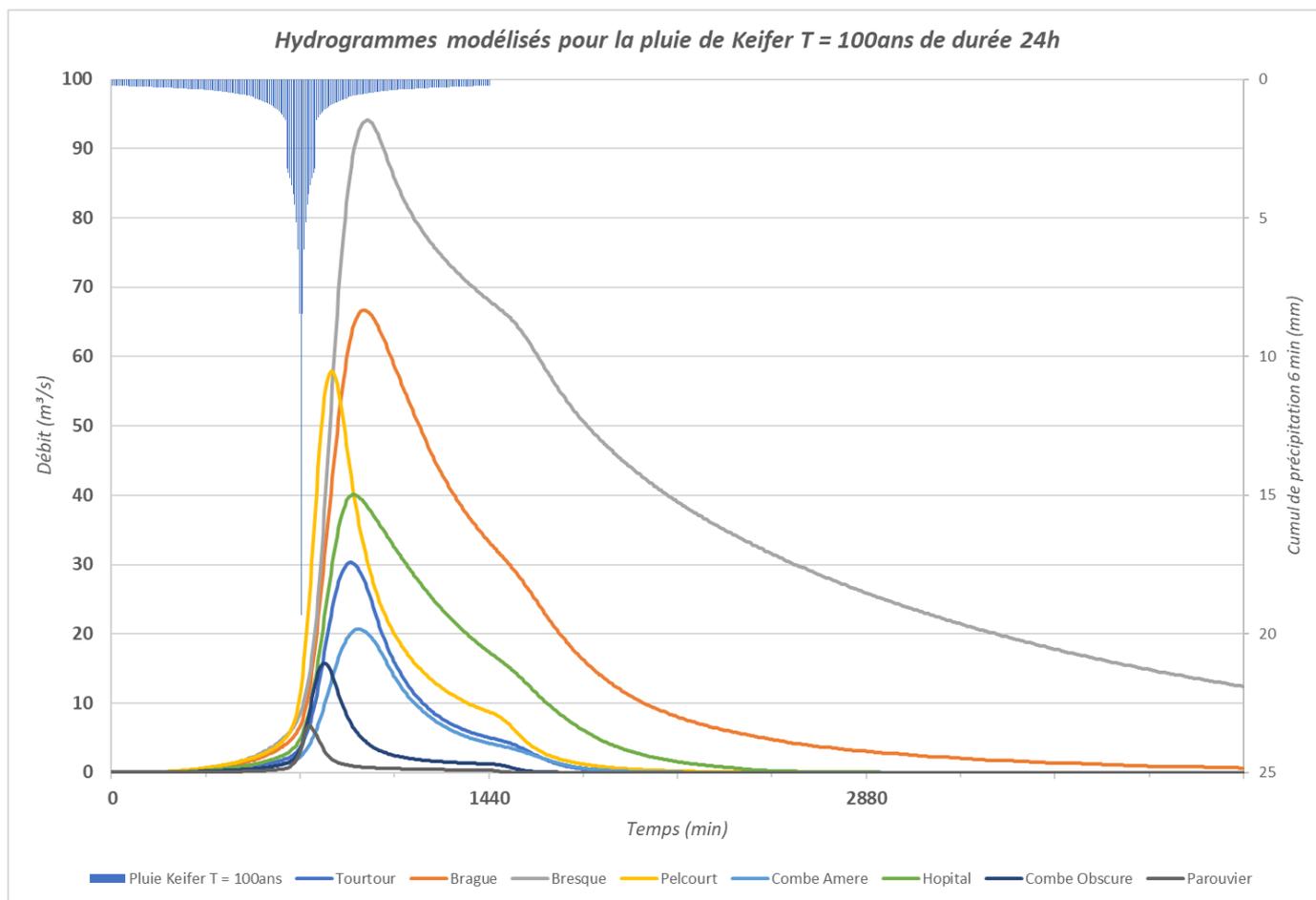


Illustration 23 : Transformation pluie/débit de la pluie de projet Keifer T=100 ans avec le modèle hydrologique

L'observation de ces résultats met en évidence des débits très importants, car proche de 100 m³/s uniquement pour le bassin versant de la Bresque à l'entrée de la zone de modélisation, en amont de la confluence avec la Brague. Le débit de pointe théorique modélisé à la station des Vingalières, pour cette pluie serait alors de **161.5 m³/s**.

L'utilisation de cette pluie de projet 100 ans dans le modèle hydrologique met donc en évidence un débit de pointe bien plus important que celui observé en 2019 à la station des Vingalières puisqu'il est augmenté d'environ 45%. Cet écart important est lié aux hypothèses suivantes :

- La pluie de projet utilisée est supposée homogène sur l'ensemble du bassin versant avec aucune spatialisation liée au cumul ni à la durée ;
- La pluie de projet utilisée d'occurrence 100 ans dans son cumul total présente aussi une intensité 6 min maximale correspondant à l'occurrence 100 ans. A contrario, en novembre 2019, le cumul maximal sur 6 min est inconnu mais le pic le plus intense, sur 1h, correspond seulement à une occurrence 5 à 10 ans.

A.IV.3.4. Validation des débits de pointe

L'utilisation de la pluie réelle et de la pluie de projet de type Keifer 100ans de durée 24h dans le modèle hydrologique permet d'obtenir les hydrogrammes présentés précédemment. Les débits de pointe de ces hydrogrammes peuvent ensuite être comparés à ceux définis par l'approche simplifiée de la méthode rationnelle. Les débits de pointe de la méthode rationnelle ont été réévalués en recalculant le temps de concentration du SCS avec les nouveaux Curve Number réduits de 20% par rapport à ceux définis dans l'approche théorique.

Identifiant	Nom du bassin versant	CR 100 - Tables	Débit de pointe (m ³ /s)			
			Méthode rationnelle 100 ans Tc = SCS LAG (0.8*CN)	Modélisation Keifer 100 ans – 24h	Différences (Rationnelle – Modèle)	Différence (%) par rapport aux résultats de modélisation
1	Brague_1	0.30	7.8	17.0	-9.2	-54%
2	Brague_2	0.27	6.4	9.9	-3.5	-35%
3	Bresque_1	0.28	16.8	7.9	8.9	112%
4	Bresque_2	0.26	5.6	5.9	-0.3	-5%
5	Bresque_3	0.27	7.8	8.2	-0.4	-5%
6	Bresque_4	0.29	9.8	11.3	-1.5	-13%
7	Bresque_5	0.33	17.4	30.0	-12.6	-42%
8	Combe_amere	0.31	10.7	20.7	-10.0	-48%
9	Combe_Obscure	0.26	6.2	15.8	-9.6	-61%
10	Esparus	0.36	8.7	10.0	-1.3	-13%
11	Grave_1	0.27	20.2	11.5	8.7	76%
12	Grave_2	0.31	28.3	31.2	-2.9	-9%
13	Hopital_1	0.26	11.6	14.8	-3.2	-22%
14	Hopital_2	0.35	25.2	25.4	-0.2	-1%
15	Vallon du Parouvier	0.39	5.6	6.8	-1.2	-18%
16	Mandins	0.29	8.5	20.1	-11.6	-58%
17	Oure_1	0.31	26.8	10.8	16.0	148%
18	Oure_2	0.26	6.6	7.9	-1.3	-17%
19	Pelcourt_1	0.40	3.6	3.6	0.0	-1%
20	Pelcourt_2	0.26	2.9	4.5	-1.6	-35%
21	Pelcourt_3	0.30	7.3	9.6	-2.3	-24%
22	Rayeres	0.31	17.9	8.7	9.2	105%
23	Romanille	0.32	29.0	8.8	20.2	230%
24	Saint-Michel	0.29	9.3	15.9	-6.6	-41%
25	Thuéry	0.28	5.8	13.7	-7.9	-58%
26	Tourtour	0.34	17.3	30.3	-13.0	-43%
27	Amont_Plan	0.46	11.6	17.7	-6.1	-35%
28	Pelcourt_Plan	0.41	14.3	13.8	0.5	4%
29	Gaudran	0.32	18.7	35.4	-16.7	-47%
30	Aval_Plan	0.31	4.0	8.1	-4.1	-50%
31	Serre	0.28	8.3	16.3	-8.0	-49%
32	Pierre Ambert	0.28	11.7	28.7	-17.0	-59%
33	Vallon des Laurons	0.28	9.5	22.0	-12.5	-57%
34	Valpeironne	0.28	4.0	8.5	-4.5	-53%
35	Vallon de Valbelle	0.31	6.5	11.6	-5.1	-44%
36	Combe de la Martelle	0.39	12.8	19.2	-6.4	-33%

37	Buissière	0.33	7.0	11.3	-4.3	-38%
38	Grand Jas	0.40	6.7	9.1	-2.4	-26%
39	Fangouse_est	0.31	3.1	6.3	-3.2	-51%
40	Vallon des Graminiers	0.30	8.3	18.7	-10.4	-55%
41	Fangouse_ouest	0.43	2.9	4.2	-1.3	-31%
42	Vallon de Rocas	0.29	17.2	37.9	-20.7	-55%
43	Parayon	0.34	5.3	8.6	-3.3	-38%
44	Confluence	0.31	7.3	14.6	-7.3	-50%

Tableau 15 : Comparaison des débits de pointe avec la modélisation

La comparaison des débits de pointe obtenus met en évidence des valeurs très différentes entre ceux modélisés avec la méthode complète du SCS et ceux de la méthode rationnelle. Au-delà des quelques bassins versants où le domaine de validité de la méthode rationnelle n'est pas respecté (valeurs en rouge), les écarts sont liés à la simplicité de la méthode rationnelle et sa sensibilité au choix de la formule du temps de concentration. Le choix de cette valeur n'est pas aisé dans un contexte hydrogéologique relativement complexe. Les débits de pointe obtenus avec la méthode rationnelle sont globalement sous-évalués.

Ainsi le calage réalisé avec l'évènement de 2019 est jugé satisfaisant pour la conversion pluie/débit. Les débits de pointe obtenus avec cette méthode plus complète sont conservés.

A.IV.3.5. Débits de pointe aux nœuds hydrologiques stratégiques

L'exploitation du modèle hydrologique, en dehors des résultats extraits pour la modélisation hydraulique, permet d'étudier le fonctionnement hydrologique du bassin versant total de la Bresque.

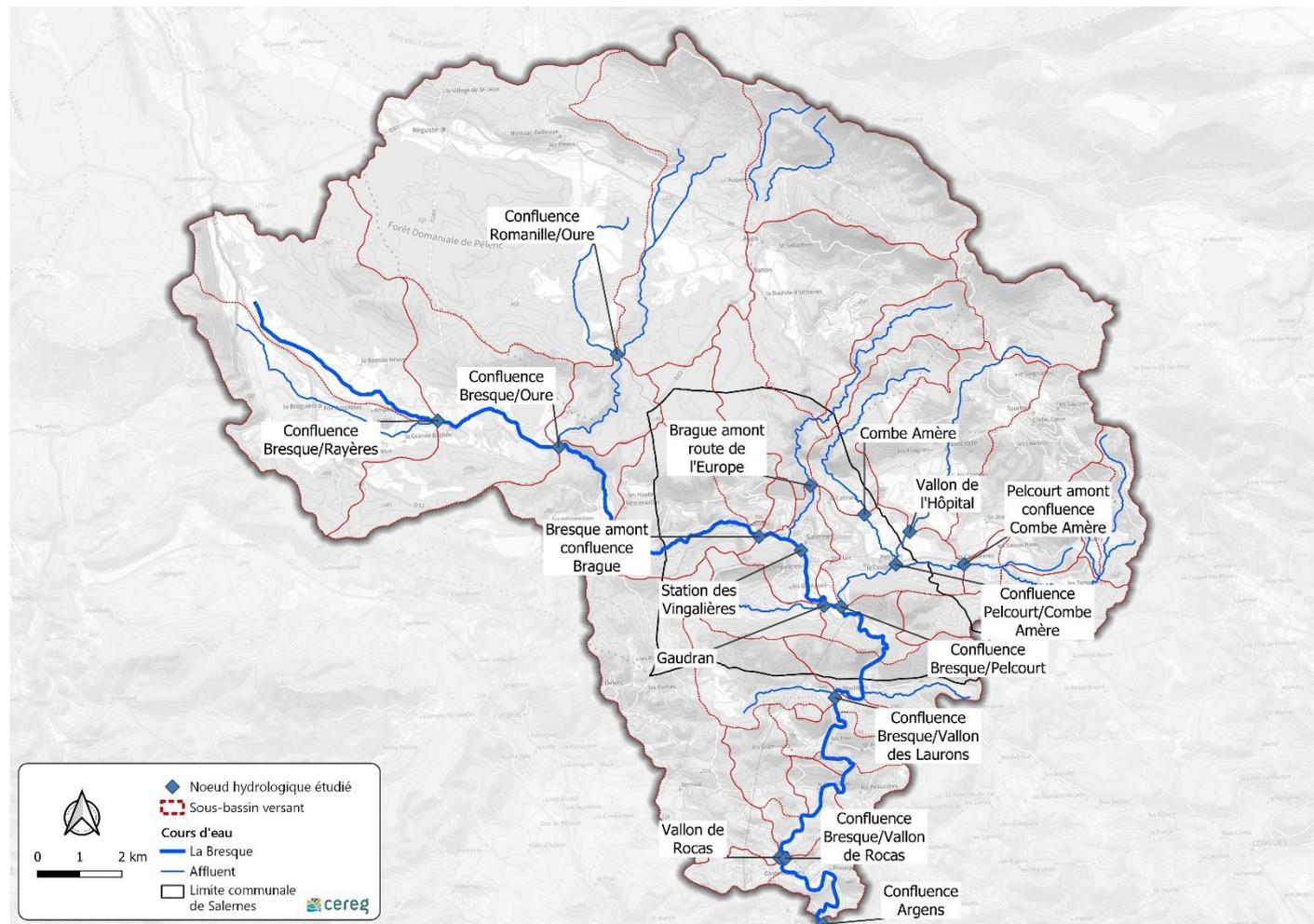


Illustration 24 : Localisation des nœuds hydrologiques étudiés

Ainsi, sur les nœuds hydrologiques présentés dans l'illustration suivante, les débits de pointe ont été extraits pour chaque occurrence ainsi que pour la crue de 2019. Ces débits sont consignés dans le tableau suivant. Les lignes colorées correspondent aux nœuds hydrologiques relevés sur la Bresque. Les autres lignes décrivent des affluents.

Noeud hydrologique	Surface drainée [km ²]	Occurrences					
		Qp5 [m ³ /s]	Qp10 [m ³ /s]	Qp30 [m ³ /s]	Qp50 [m ³ /s]	Qp100 [m ³ /s]	QpNov2019 [m ³ /s]
Confluence Bresque/Rayères	29.5	5.6	7.7	11.5	13.6	16.6	5.4
Confluence Romanille/Oure	58.3	6.2	8.6	13.2	15.7	19.4	12.3
Confluence Bresque/Oure	107.2	17.4	24.1	36.7	43.3	53.6	27.7
Bresque amont confluence Brague	125.6	29.8	41.5	63.8	75.6	94.1	78.9
Brague amont route de l'Europe	35.7	21.5	29.8	45.5	53.7	66.7	30.4
Station des Vingalières	162	51.6	71.6	109.8	129.9	161.5	108.7
Combe Amère	5.6	6.8	9.4	14.2	16.8	20.7	8.5
Vallon de l'Hôpital	16.8	12.9	17.9	27.3	32.3	40.1	17.6
Pelcourt amont confluence Combe Amère	19.3	27.5	37.7	57	66.9	82.4	43.3
Confluence Pelcourt/Combe Amère	41.7	45.1	62.1	94.3	111	137.2	67.2
Gaudran	3.9	12.5	17	25.1	29.1	35.4	31.5
Confluence Bresque/Pelcourt	216.6	105.3	145.3	221.1	260.9	322.9	198.3
Confluence Bresque/ vallon des Laurons	234	121.5	167.3	253.9	299.2	369.7	233.7
Vallon de Rocas	15.7	12.9	17.6	26.4	30.9	37.9	20.8
Confluence Bresque/ vallon de Rocas	261.5	138.5	190.4	288.2	339.3	418.7	265
Confluence Argens	264.2	140.1	192.6	291.4	343	423.2	267.8

Tableau 16 : Synthèse des débits modélisés aux nœuds hydrologiques

Pour les nœuds hydrologiques « Brague », « Combe Amère » et « Vallon de l'Hôpital », les bassins versants associés sont définis à l'entrée de la zone de modélisation hydraulique.

La valeur de **161,5 m³/s** à la station des Vingalières peut être comparée au débit de 120 m³/s identifié comme étant le débit centennal selon l'ajustement Pearson III (cf. A.IV.1.2). La valeur modélisée est plus élevée en raison des hypothèses hydrologiques réalisées et évoquées précédemment. De plus, le caractère très incertain de la détermination des occurrences à la station des Vingalières conduit à ne pas s'attarder sur un calage du débit de pointe sur cette valeur de 120 m³/s. Les hydrogrammes obtenus conduisant à un débit de pointe de 161,5 m³/s sont donc conservés et constituent une approche plutôt défavorable, toutefois réaliste.

B. MODÉLISATION HYDRAULIQUE



B.I. MONTAGE DU MODÈLE HYDRAULIQUE

B.I.1. Emprise de la zone modélisée

Pour rappel, la zone de modélisation retenue en phase 1 est présentée dans l'illustration suivante.

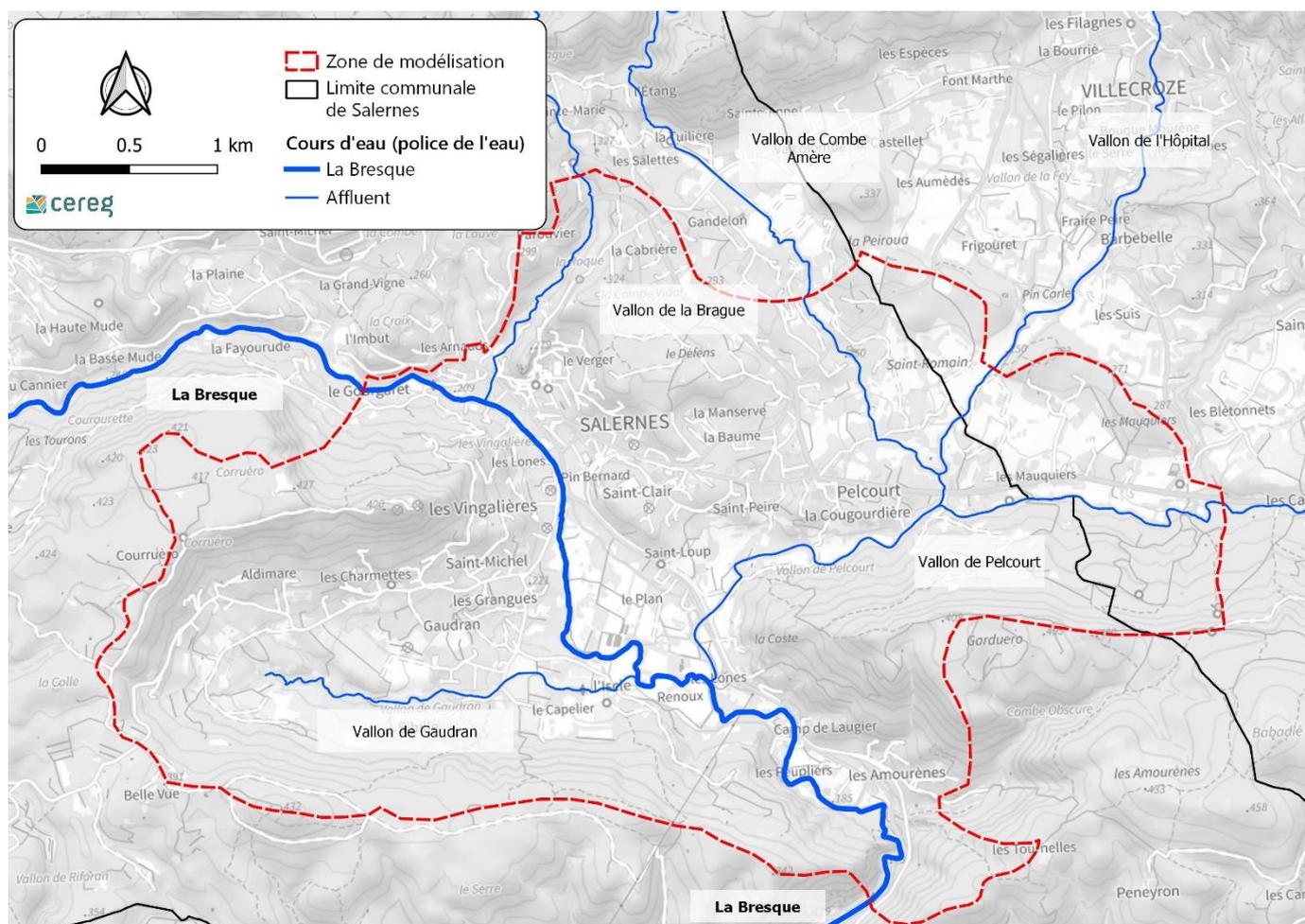


Illustration 25 : Limite de la zone de modélisation hydraulique

Cette zone couvre **une superficie de 1 565 ha**. Elle intègre un linéaire de cours d'eau d'environ **21 km**.

La zone de modélisation retenue est relativement étendue par rapport à l'emprise des lits majeurs des cours d'eau puisqu'elle intègre les versants voisins. Cela permet d'identifier les axes de ruissellement majeurs s'écoulant en direction des zones d'enjeu et ainsi caractériser l'aléa ruissellement en plus de l'aléa débordement des cours d'eau. Cette approche permet également de réduire le nombre d'hydrogrammes injectés en limite de la zone modélisée.

B.I.2. Choix du type de modélisation

Les écoulements sont usuellement considérés à composantes 1D ou 2D (cf. Illustration suivante).

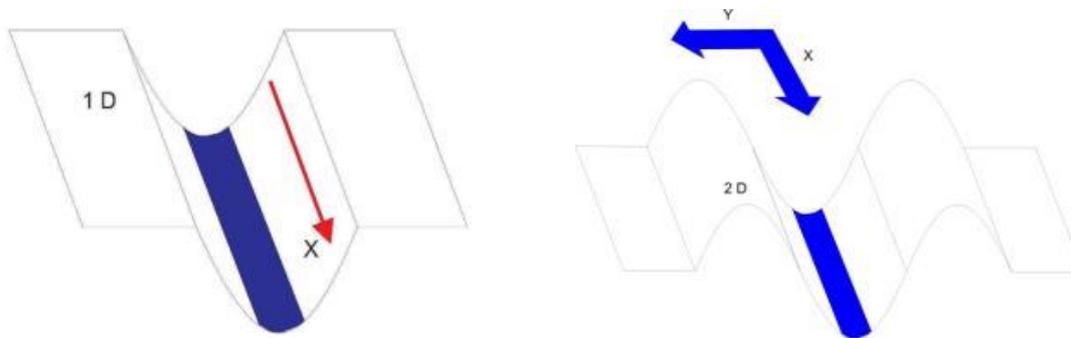


Illustration 26 : Schéma représentant les écoulements 1D (à gauche) et 2D (à droite)

L'utilisation d'un modèle hydraulique 1D (une Dimension) est justifiée lorsque les écoulements s'effectuent selon un axe préférentiel (axe parallèle au lit mineur). Lorsqu'ils se font selon des axes non parallèles entre eux, on parle d'écoulements 2D (2 Dimensions).

La zone d'étude est intégrée sur une zone où les écoulements peuvent suivre de multiples axes « divergents » (non parallèles au lit mineur). **L'utilisation d'un modèle hydraulique 2D est par conséquent nécessaire.**

B.I.3. Code de calcul utilisé

Le code de calcul utilisé est **HEC-RAS 2D**. HEC-RAS est un logiciel de modélisation développé par le ministère américain de la Défense (US Army Corps of Engineers / Hydrologic Engineering Center). Ce logiciel initialement prévu pour la réalisation de modélisations monodimensionnelles a évolué et propose aujourd'hui la possibilité de réaliser des modélisations en 2 dimensions en résolvant les équations complètes de Barré de Saint-Venant.

Ce logiciel est largement utilisé pour la réalisation d'études hydrauliques du fait de son caractère libre de droits et des ressources disponibles.

Il permet une représentation fine de la topographie du site et notamment du lit mineur grâce à un découpage infra-maille permettant des résultats plus précis que certains modèles à nombre de maille équivalent. Il présente l'avantage d'être équipé d'un outil performant pour la représentation des ouvrages hydrauliques (buses, pont, seuils, etc.) permettant ainsi une représentation fidèle de ces singularités souvent à l'origine de perturbations importantes des écoulements.

Enfin, il est utilisé dans le cadre de cette étude puisqu'il permet de représenter la pluie sur la zone de modélisation en complément des hydrogrammes issus de la modélisation hydrologique (HEC-HMS), injectés en différents points du modèle. Il calcule alors les lames d'eau ruisselées et caractérise les axes d'écoulements existants.

B.I.4. Maillage de la zone d'étude

Le modèle mathématique utilisé s'appuie sur un maillage élaboré à partir des différents relevés topographiques et complété par un modèle numérique de terrain de résolution variable :

- La topographie du lit mineur des cours d'eau est modélisée en utilisant les relevés topographiques réalisés par le cabinet de géomètres OPSIA. Les profils topographiques ont été réalisés en 2023. La résolution du MNT est de 20 cm dans le lit mineur.

- La topographie de la retenue de la Muie est issue du plan topographique réalisé par OPSIA en 2023. La résolution du MNT à cet endroit est aussi de 20 cm.
- La topographie du lit majeur est issue des levés LidarHD classifié de l'IGN de 2023 (à minima 10 points au m²). Elle permet de prendre en compte les éléments structurants principaux du secteur (les fossés, les voiries, les talus, les remblais, etc.) nécessaires à la bonne description du fonctionnement hydrodynamique de la zone d'étude. La résolution de cette donnée est progressivement réduite en s'éloignant du lit mineur pour des raisons de temps de calcul et de justesse des résultats (propagation des ruissellements notamment).
 - À 5 m des berges, le terrain est représenté par un MNT 50 cm issu du LidarHD ;
 - Sur la majeure partie de l'emprise de la zone inondable, le terrain est représenté par un MNT 5m issu du LidarHD;
 - Au-delà, sur les versants et les zones non inondées par débordement de cours d'eau, le MNT présente une résolution de 10 m.

La taille des mailles est adaptée selon les variations de topographie du terrain ainsi que du niveau de finesse des résultats recherchés aux différents points du modèle. De plus, comme vu précédemment, ces mailles s'adaptent aux variations de la topographie au sein d'une même maille via un sous- découpage.

L'illustration 27 présente la topographie associée au maillage pour le calcul hydraulique sur le secteur du Plan. La taille des mailles est adaptée en fonction des différentes particularités du territoire (canal, seuil, remblai, etc.)

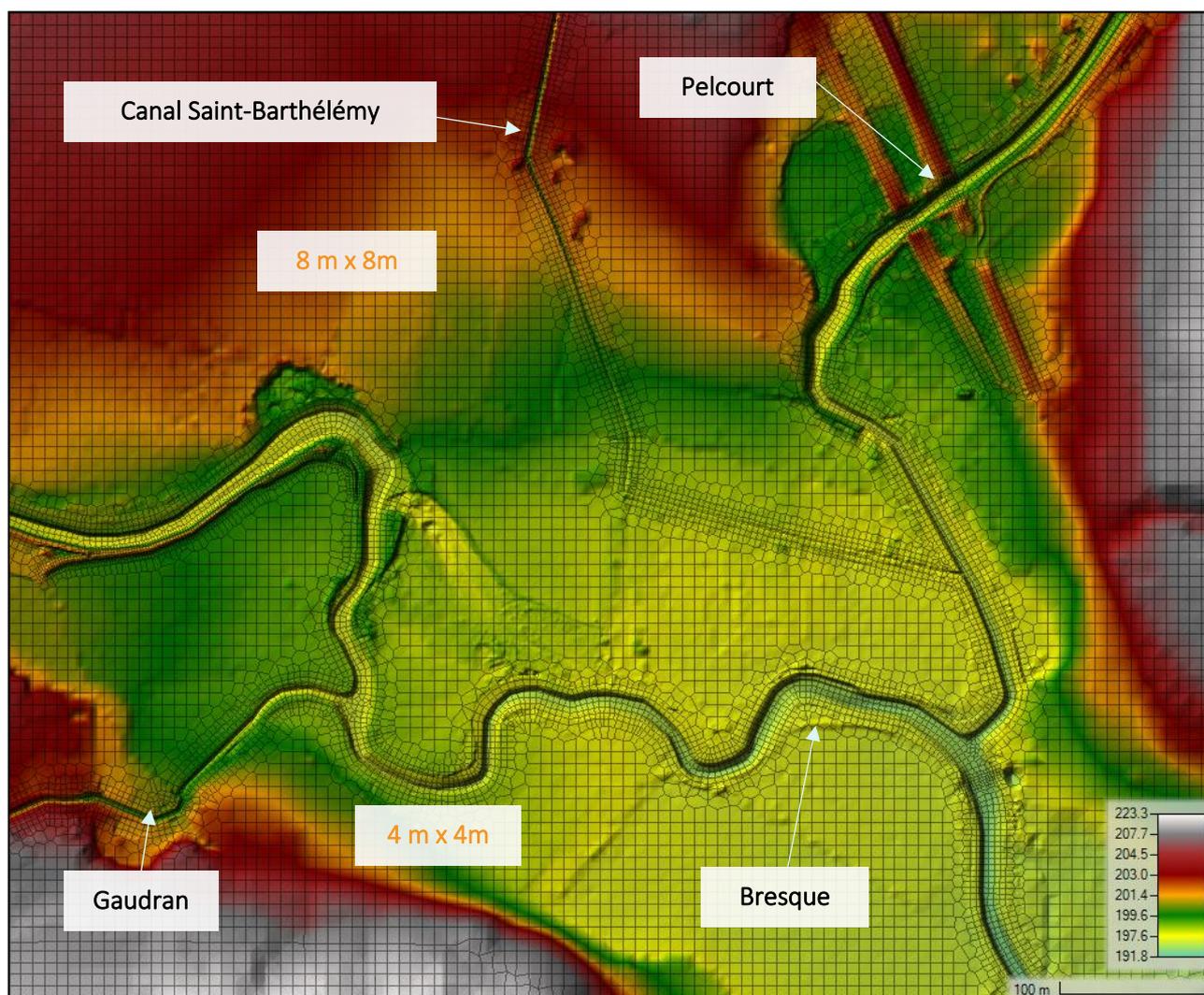


Illustration 27 : Maillage de la zone d'étude et topographie sur le secteur du Plan

Les ouvrages ne sont pas représentés à proprement parler dans le maillage. Ils sont intégrés via des modules spécifiques permettant l'application des lois d'hydraulique. Elles régissent les écoulements dans ces ouvrages ainsi qu'au-dessus lorsqu'ils sont submergés. Des coefficients de perte de charge en entrée ainsi qu'en sortie sont utilisés et adaptés en fonction du type de buse rencontré.

B.I.5. Ouvrages hydrauliques

Les ouvrages modélisés sont des ponts, des buses et des seuils (frontaux ou latéraux dans le cas des merlons). Les ouvrages susceptibles d'impacter la dynamique d'écoulement des crues étudiées ont été ajouté au modèle. Une cartographie de la localisation des ouvrages au format A0 est jointe à ce document. (cf. atlas cartographique).

Pour chacun des ouvrages modélisés, le débit maximal avant mise en charge est indiqué. À cette capacité hydraulique est aussi rattachée l'occurrence de mise en charge de l'ouvrage.

B.I.6. Conditions aux limites

Les conditions aux limites permettent de décrire ce qu'il se passe aux frontières du modèle. Dans le cas d'espèce on distingue :

- Les frontières amont : condition de type hydrogramme de crue. Ces hydrogrammes d'apport sont issus de l'étude hydrologique présentée en partie A.
- Le hétéogramme sur la zone de modélisation permettant de représenter les ruissellements du secteur.
- La frontière aval : condition de type écoulement à profondeur normale pour une pente de 0,2 %.

Les limites restantes sont considérées comme imperméables car elles longent les points les plus hauts des bassins versants modélisés La carte suivante présente l'emprise de ces différentes conditions aux limites.

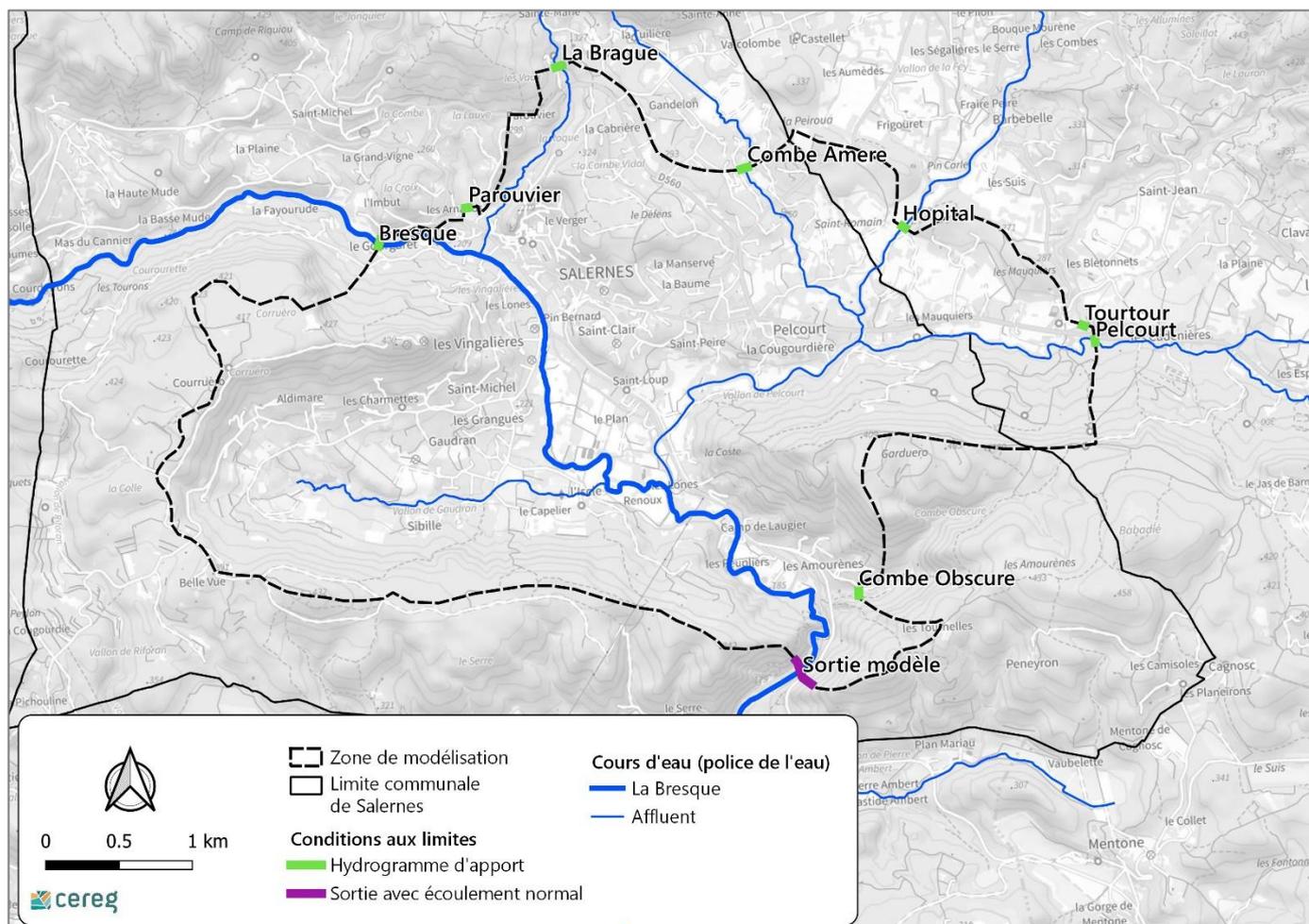


Illustration 28 : Conditions aux limites du modèle

B.I.7. Paramétrage du modèle

La représentativité du modèle est testée avec la modélisation d'un évènement réel. Pour cela, les hydrogrammes estimés pour la crue de novembre 2019 sont utilisés aux différents points du modèle. La pluviométrie moyenne sur la zone modélisée est aussi intégrée au calcul. Pour parvenir à une représentation satisfaisante de la réalité, différents paramètres sont ajustés. La présentation du calage est détaillée dans la suite du document dans la partie B.II.1.

À la suite des différents tests réalisés, un jeu de paramètres basé sur l'occupation des sols (BD Occ Sol du CRIGE PACA) est retenu. Celui permettant d'obtenir le meilleur compromis est décrit dans ce qui suit.

Adaptation de la rugosité du terrain naturel

La rugosité du terrain permet d'adapter les vitesses d'écoulement calculées en fonction de l'occupation du sol. Cela permet de représenter l'impact de l'occupation du sol sur les inondations par une approche simplifiée (absence de prise en compte des aménagements urbains, des murets, etc.). Les coefficients sont spatialisés en fonction de la cartographie de la base de données Ocsol du CRIGE PACA.

Occupation du sol	Coefficient de Strickler ($m^{1/3}/s$)
Champ / Prairie	30
Végétation basse (buissons)	20
Végétation haute (Forêt, bois)	10
Lit mineur des cours d'eau	15
Routes	40
Bâtiments	30

Tableau 17 : Coefficients de Strickler utilisés pour le calage du modèle hydraulique

Après plusieurs essais de modélisation, il a été retenu de ne pas représenter les bâtiments via l'utilisation d'un Modèle Numérique de Surface (MNS). Cela entraîne des instabilités de calcul, des stockages d'eau à proximité des bâtiments ainsi que des pertes dans le bilan hydrologique (l'eau tombant sur les toitures devant être soustraite au calcul).

Des essais avec l'application d'un coefficient de rugosité de 1 n'ont pas donné de bons résultats et ont provoqué des accumulations d'eau ainsi que des difficultés de propagation par le modèle. Les phénomènes d'inondation dans le bâti étant régulièrement à l'origine de difficultés dans les modélisations hydrauliques, ce choix de ne pas le représenter permet de définir plus clairement les axes de ruissellement liés à la topographie.

Adaptation des pertes par infiltration (pour la part précipitée sur le modèle)

Toujours en fonction de la base de données Ocsol, des Curve Number sont adaptés au modèle. Ils permettent la transformation de la pluie brute en pluie nette sur la zone de modélisation.

Occupation du sol	Curve Number
Champ / Prairie	70
Végétation basse (buissons)	65
Végétation haute (Forêt, bois)	55
Lit mineur des cours d'eau	98
Routes	100
Bâtiments	98

Tableau 18 : Curve Numbers utilisés pour la transformation pluie brute pluie nette dans le modèle hydraulique

B.II. RÉSULTATS DE MODÉLISATION

La cartographie générale de l'inondation pour l'évènement de novembre 2019 au format A0 est présentée dans le document des A0 joint à ce rapport.

Toutes les crues statistiques (Q5, Q10, Q30, Q50, Q100, Q500) sont aussi présentées dans ce document.

B.II.1. Crue réelle et calage

B.II.1.1. Repères de crue

B.II.1.1.1. Localisation des repères de PHE

Plusieurs laisses de crue, identifiés lors de l'évènement de novembre 2019 ont été levées par le SMA et nivelées par les bureaux de géomètres Geofit Experts puis OPSIA.

L'illustration suivante présente le positionnement de ces repères sur la commune de Salernes ainsi que les cotes PHE (Plus Hautes Eaux) relevées.



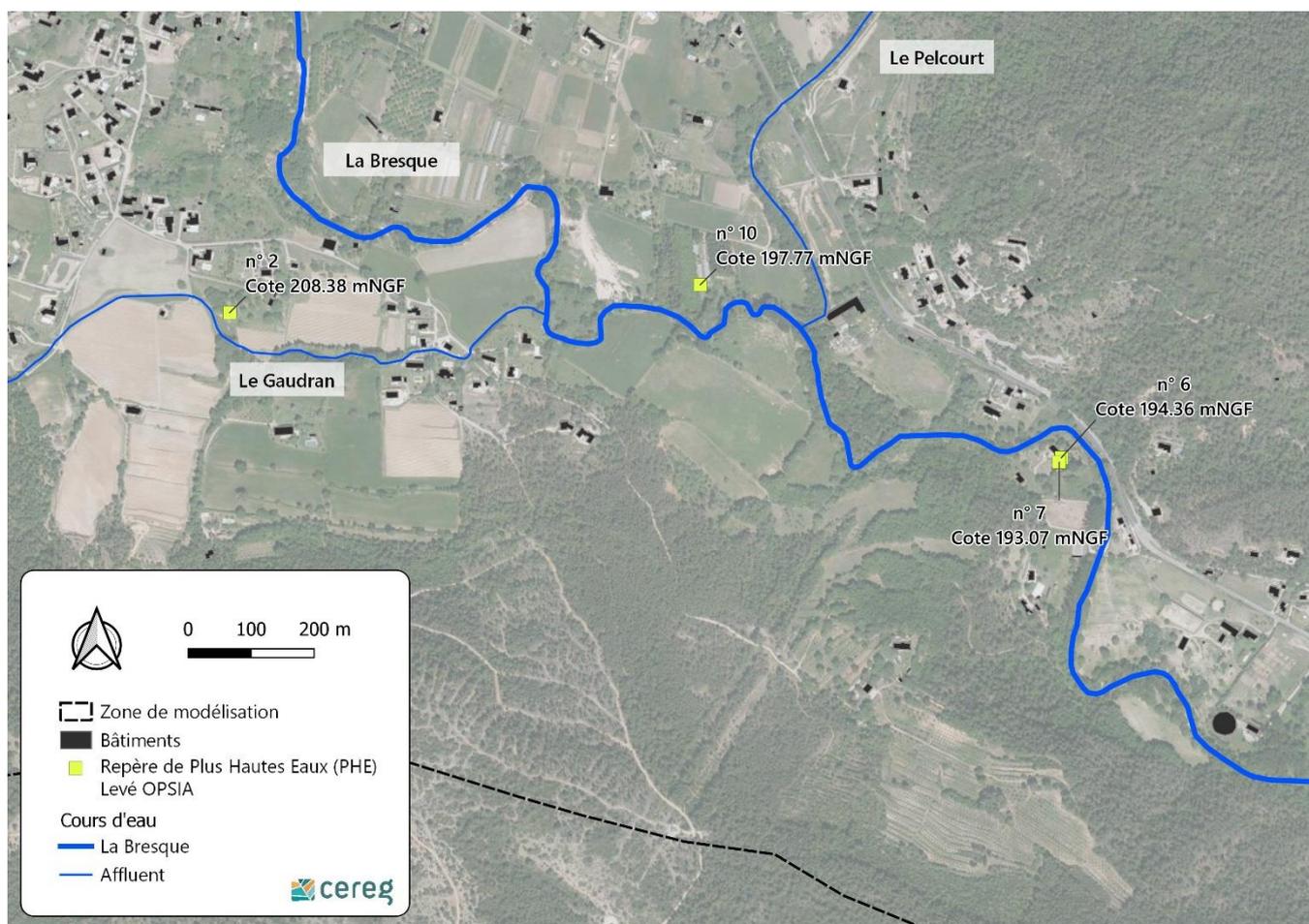


Illustration 29 : Localisation géographique des PHE levées

B.II.1.1.2. Analyse des repères PHE

B.II.1.1.2.1. La PHE 8

Cette première PHE analysée a été prise contre le bâtiment de la Biocoop où une trace nette a pu être identifiée (cf. Illustration 30).



Illustration 30 : Laisse de crue sur le bâtiment Biocoop

La comparaison entre la mesure et la hauteur d'eau calculée est la suivante.

PHE 10	Cote de crue [Cote TN] (mNGF)	Hauteur relative (m)
<i>Levés topographique</i>	208.13 [207.69]	0.44
<i>Modélisation</i>	208.35 [207.96]	0.39
Écart entre PHE calculé et PHE relevé sur terrain	+ 22 cm	+ 5 cm

Tableau 19 : Comparaison entre mesure et modélisation pour la PHE n°10

La représentativité de l'inondabilité à cet endroit par le modèle est jugée comme satisfaisante au regard de la hauteur d'eau modélisée. Les écarts en termes de cote au droit du bâtiment peuvent être liés à la résolution du MNT à cet endroit et aux variations locales de topographie à proximité des bâtiments remis à plat dans le modèle.

B.II.1.1.2.2. PHE 5

La PHE n°5, située quelques dizaines de mètres au sud de la PHE n°1 permet de caractériser les hauteurs d'eau mesurées en 2019, dans une habitation (M.Carmagnolle), en amont du remblai de la route des Quatre Chemins bloquant l'écoulement des eaux du lit majeur de la Bresque

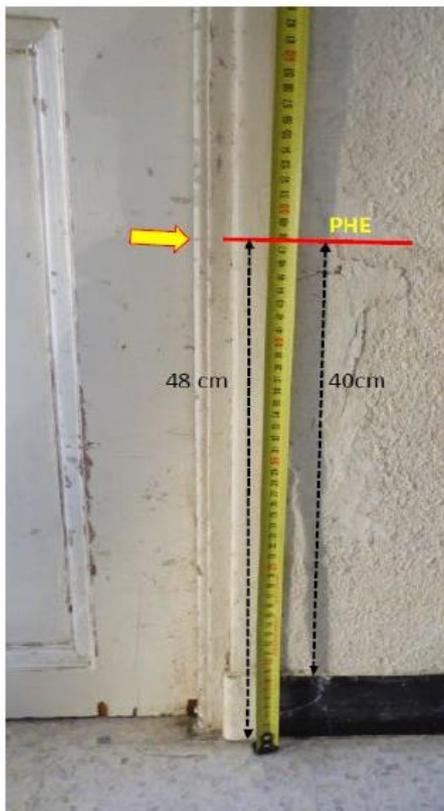


Illustration 31 : Contexte du repère de PHE n°5

La comparaison entre la mesure et la hauteur d'eau calculée est la suivante.

PHE 5	Cote de crue [Cote TN] (mNGF)	Hauteur relative (m)
<i>Levés topographique</i>	208.21 [207.44]	0.77
<i>Modélisation</i>	208.33 [207.55]	0.78
Écart entre PHE calculé et PHE relevé sur terrain	+ 12 cm	+ 1 cm

Tableau 20 : Comparaison entre mesure et modélisation pour la PHE n°5

Au regard des faibles différences entre mesure et modélisation, le modèle est jugé représentatif de l'inondabilité pour la crue de Novembre 2019.

B.II.1.1.2.3. PHE 4

La PHE n°4 située au sud de Terra Rossa caractérise la hauteur d'eau identifiée sur la route des Quatre Chemins.



Illustration 32 : Contexte du repère de PHE n°4

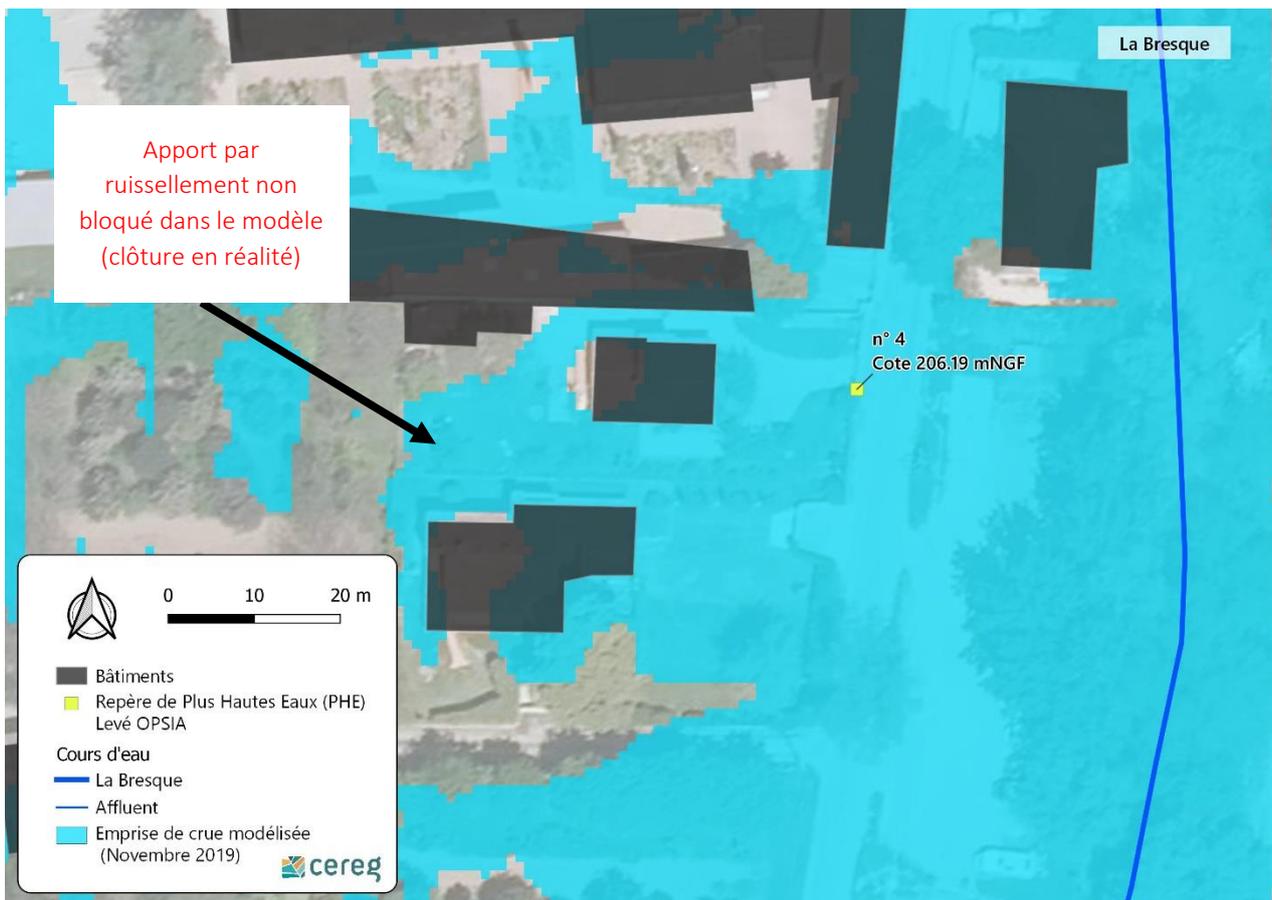
La comparaison entre la mesure et la hauteur d'eau calculée est la suivante.

PHE 4	Cote de crue [Cote TN] (mNGF)	Hauteur relative (m)
<i>Levés topographique</i>	206.19 [206.06]	0.13
<i>Modélisation</i>	206.54 [206.08]	0.46
Écart entre PHE calculé et PHE relevé sur terrain	+ 35 cm	+ 33 cm

Tableau 21 : Comparaison entre mesure et modélisation pour la PHE n°4

Ces différences sont liées aux facteurs suivants :

- Absence de représentation des murs à l'origine d'une modification de la dynamique des écoulements naturels ;
- Apports par ruissellements provenant de l'amont se stockant dans la parcelle. En réalité des murs et routes modifient la direction des écoulements. Les lames d'eaux accumulées au point bas sont alors maximisées dans le modèle ;
- La photographie de la PHE n'a potentiellement pas été prise au moment des plus hautes eaux, aucune laisse de crue ne permet de statuer catégoriquement sur la hauteur d'eau.



L'écart obtenu à cet endroit ne permet pas de conclure sur une bonne représentativité du modèle étant donné qu'il augmente les hauteurs d'eau constatées à cet endroit. Même si les plus hautes eaux ont été potentiellement plus importantes, la valeur modélisée semble trop élevée.

Cependant, les tests ayant menés à un meilleur calage du modèle à cet endroit ont conduit à des écarts trop importants sur les deux PHE précédentes. Ainsi, les différences sont pour grande partie liées à la configuration du site à cet endroit et aux nombreuses incertitudes liées aux dynamiques d'écoulement en milieu urbain.

B.II.1.1.2.4. PHE 3 et 3bis

Le repère PHE 3 et 3bis correspondent aux niveaux d'eau observés en aval de la retenue de la Muie après passage du pont romain.



Illustration 33 : Contexte du repère PHE 3 et 3bis

La PHE 3 correspond à la hauteur d'eau sur le cabanon en rive droite tandis que la PHE 3bis correspond à celle mesurée sous le balcon de l'habitation en rive gauche.

La comparaison entre les hauteurs d'eau calculées et les mesures nous renvoie les résultats suivants.

PHE 3	Cote de crue [Cote TN] (mNGF)	Hauteur relative (m)	PHE 3 bis	Cote de crue [Cote TN] (mNGF)	Hauteur relative (m)
Levés topographique	214.24 [213.20]	1.04	Levés topographique	214.27 [212.02]	2.25
Modélisation	213.90 [212.90]	1.00	Modélisation	213.70 [211.50]	2.20
Écart entre PHE calculé et PHE relevé sur terrain	- 34 cm	- 4 cm	Écart entre PHE calculé et PHE relevé sur terrain	- 57 cm	- 5 cm

Tableau 22 : Comparaison entre mesure et modélisation pour les PHE n°3 et 3bis

L'analyse des écarts met en évidence une bonne représentation des hauteurs d'eau relatives. Toutefois des écarts importants en termes de cote de crue sont observés. Ces différences sont liées aux facteurs suivants :

- Qualité de mesure identifiée comme moyenne étant donné le peu d'information sur les repères, et par conséquent sur les reports de mesure réalisés ;
- Site topographiquement complexe (seuils, ponts, ouvrages, bâtiments, arbres en lit mineur, etc.), simplifié dans le modèle numérique de terrain employé. Cette simplification est aussi à l'origine des écarts de cote de TN entre les cotes levées par le géomètre et le MNT utilisé ;
- Singularité liée à la passerelle et au seuil à l'origine d'une perte de charge non négligeable au droit de la PHE, non représentée dans la modélisation.

Cette analyse indique une bonne représentation des hauteurs d'eau relatives mais montre toutefois une ligne d'eau plus basse qu'en réalité (simplification du modèle). La mesure n'apparaît pas fiable étant donné le manque de repères et les reports importants à réaliser. Étant donné la complexité du fonctionnement hydraulique à cet endroit et la qualité des repères PHE, ces deux repères 3 et 3bis ne sont pas retenus comme éléments de calage valides.

B.II.1.1.2.5. PHE 2

Le repère de PHE 2 permet de caractériser l'emprise maximale d'inondation sur le Gaudran

La modélisation de l'évènement de 2019 permet bien d'obtenir cette limite d'inondation comme le montre l'illustration suivante.

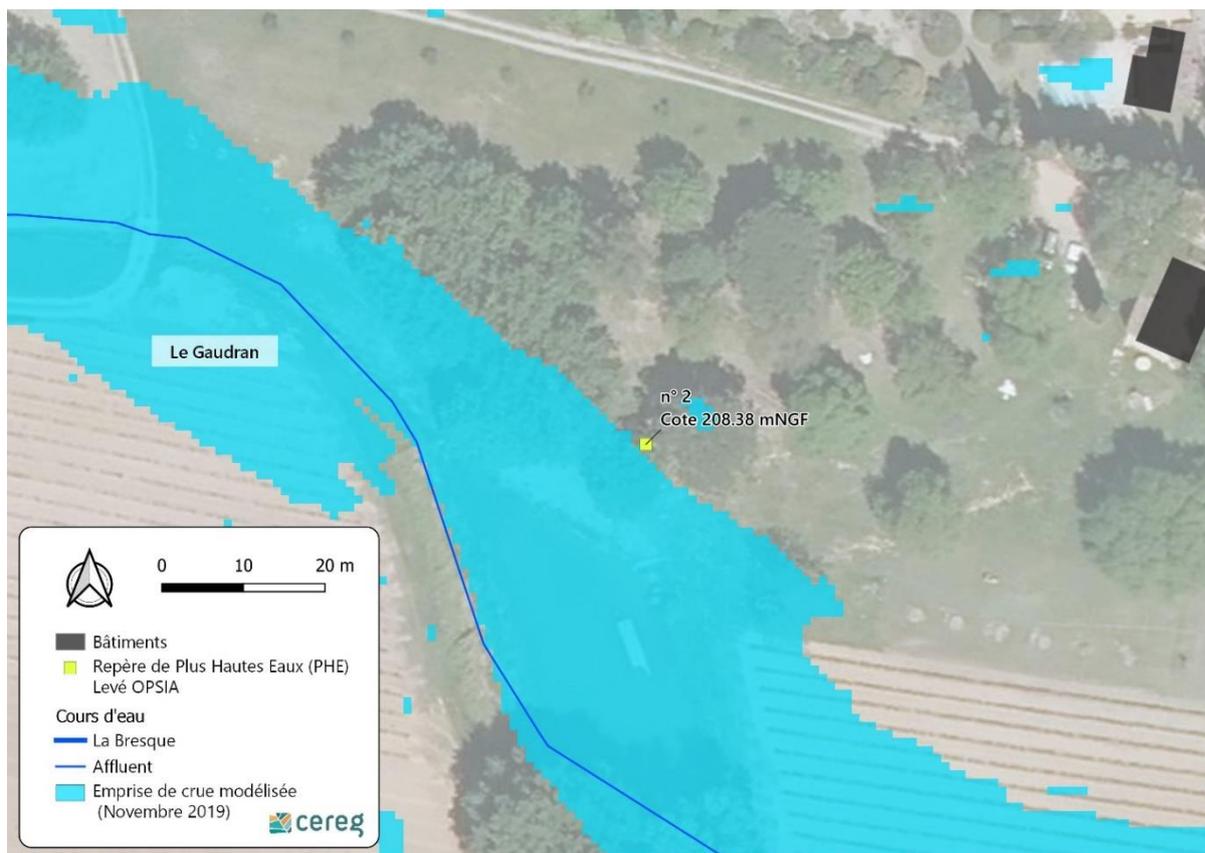


Illustration 34 : Analyse du repère de PHE n°2

Le modèle est jugé comme représentatif de l'évènement de novembre 2019 à cet endroit. Toutefois, une incertitude demeure puisqu'il est possible que l'identification de ce point par photographie n'ait pas été réalisée au moment du pic de crue.

B.II.1.1.2.6. PHE 6 et 7

Les repères de PHE 6 et 7 caractérisent les hauteurs d'eau constatées dans le lit majeur de la Bresque en aval de la confluence avec le vallon de Pelcourt.

Tout d'abord, ces deux mesures, distantes de 8m indiquent des cotes ayant 1,29 m d'écart. La première (PHE 6) est prise à l'intérieur d'une maison tandis que la seconde (PHE 7) est prise en extérieur dans le jardin attenant. La hauteur d'eau dans la maison est donc 1,29 m plus importante que celle dans le jardin.

Les différences constatées entre la mesure et la modélisation sont les suivantes :

PHE 6 (intérieur maison)	Cote de crue [Cote TN] (mNGF)	Hauteur relative (m)	PHE 7 (jardin)	Cote de crue [Cote TN] (mNGF)	Hauteur relative (m)
<i>Levés topographique</i>	194.36 [193.06]	1.30	<i>Levés topographique</i>	193.07 [192.99]	0.08
<i>Modélisation</i>	193.96 [193.15]	0.81	<i>Modélisation</i>	193.90 [193.01]	0.89
Écart entre PHE calculé et PHE relevé sur terrain	- 40 cm	- 49 cm	Écart entre PHE calculé et PHE relevé sur terrain	+ 83 cm	+ 81 cm

Tableau 23 : Comparaison entre mesure et modélisation pour les PHE n°6 et 7

PHE 6

Pour ce repère de PHE, des écarts importants sont constatés à l'emplacement exact du point levé par le géomètre (intérieur de l'habitation). Pour une analyse plus juste, on relève plutôt la cote d'eau au droit de la maison sur la façade faisant face aux écoulements. À cet endroit la cote est de 194,25 mNGF et est donc seulement 11 cm en dessous de la cote de crue nivelée.

Au point exact levé par le géomètre, la cote est plus basse en raison d'une représentation partielle de l'obstacle formé par l'habitation (rugosité très forte : $KS = 1$).



Illustration 35 : Analyse des repères PHE 6 et 7

Le calage à cet endroit est jugé satisfaisant puisqu'il permet une bonne représentation de la hauteur d'eau dans le lit majeur. Des incertitudes non négligeables sur la mesure de la PHE (inondation en intérieur) conduisent à ne pas pousser le calage plus loin à cet endroit.

PHE 7

Ce repère PHE n'est pas retenu étant donné qu'il est placé en arrière du bâtiment qui fait obstacle aux écoulements. Lors des crues, sur le terrain cela se traduit par une réduction importante des lames d'eau en arrière de l'obstacle formé par l'habitation. Dans la modélisation, ce phénomène constitue un élément de détail et est insuffisamment représenté.

La photographie à l'origine de cette PHE a aussi pu être réalisée avant ou après le pic de crue et n'est donc pas fiable.

PHE 10

Ce repère PHE est pris dans des serres agricoles sur la zone du Plan, en plein lit majeur de la Bresque (cf. Illustration 36).

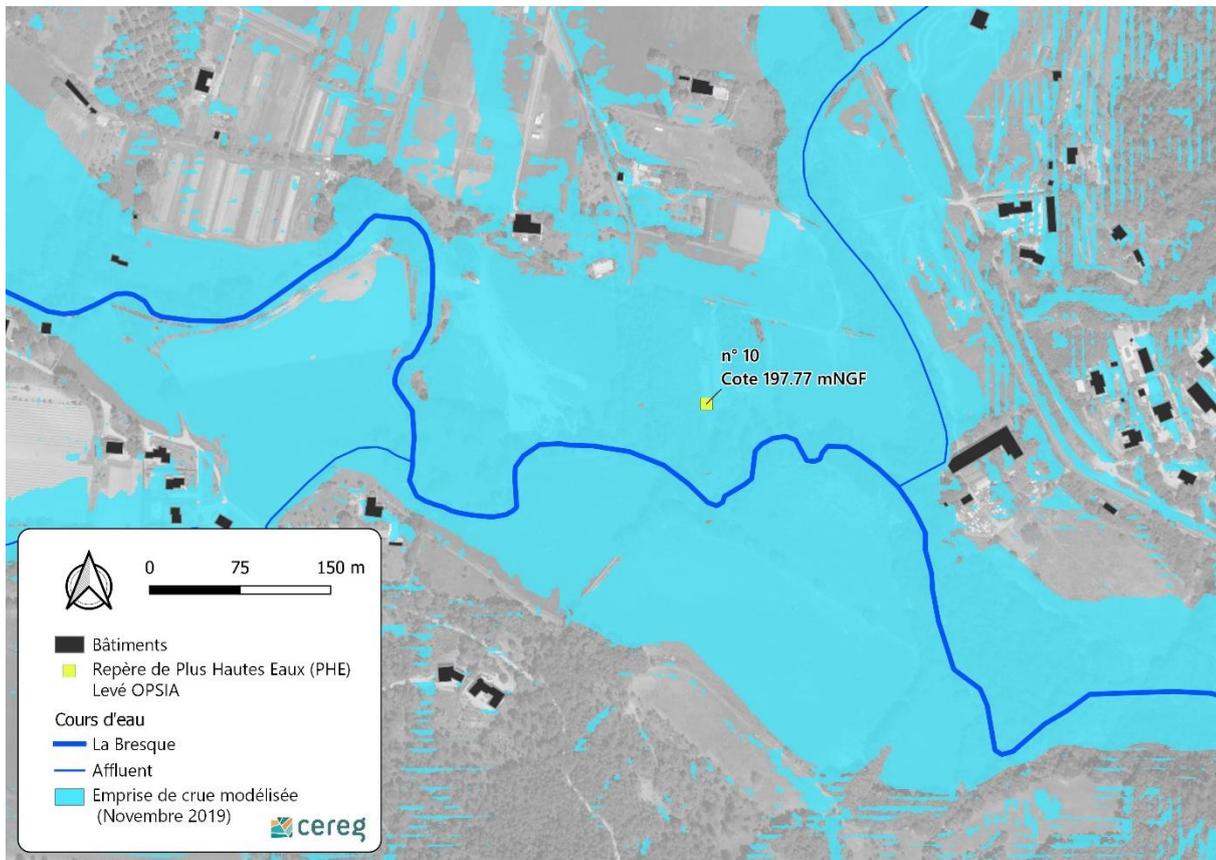


Illustration 36 : Analyse du repère PHE10

La comparaison entre la mesure et la hauteur d’eau calculée est la suivante.

PHE 10	Cote de crue [Cote TN] (mNGF)	Hauteur relative (m)
<i>Levés topographique</i>	197.77 [197.04]	0.73
<i>Modélisation</i>	197.81 [196.99]	0.82
Écart entre PHE calculé et PHE relevé sur terrain	+ 4 cm	+ 9 cm

Tableau 24 : Comparaison entre mesure et modélisation pour la PHE n°10

Au regard des écarts entre mesures et modélisation, le calage à cet endroit est jugé satisfaisant. La légère surestimation peut-être liée à une cote légèrement sous-estimée en réalité en raison d’une mesure dans une serre.

B.II.1.2. Conclusion du calage

L'analyse des différents repères PHE ainsi que des résultats de modélisation met en évidence des points où des différences importantes sont constatées, en raison de phénomènes en réalité complexes, mais simplifiés dans le cadre de la modélisation. Ces différences sont en général à l'origine d'une surestimation des hauteurs d'eau.

Toutefois, la majeure partie des repères permet de valider la modélisation, et en particulier sur le secteur de la route des quatre chemins où des aménagements sont prévus dans les phases suivantes de l'étude.

La synthèse du calage est la suivante :

Numéro de PHE	Ecart absolu (selon la cote) [cm]	Ecart relatif (selon la hauteur) [cm]	Considération de la PHE	Conclusion sur la PHE
PHE 8	+ 22	+ 5	Retenue	Bonne représentation par le modèle. Ecart absolu de 22 cm en raison de la simplification du terrain par le MNT.
PHE 5	+ 12	+ 1	Retenue	Bonne représentation par le modèle
PHE 4	+ 35	+ 33	Retenue	Surestimation du modèle à cet endroit (route des 4 chemins au sud de Terra Rossa)
PHE 3	- 34	- 4	Non retenue	Incertitude sur levé et configuration complexe simplifiée dans le modèle par une topographie lissée
PHE 3 bis	- 57	- 5	Non retenue	Incertitude sur levé et configuration complexe simplifiée dans le modèle par une topographie lissée
PHE 2	-	-	Retenue	Emprise de crue retrouvée dans le modèle
PHE 6	- 40	- 49	Retenu	Une analyse des flux et des cotes en amont de la PHE permet de valider ce repère
PHE 7	+ 83	+ 81	Non retenue	Repère non fiable en arrière d'un obstacle (bâtiment). Photographie ne traduisant pas forcément le pic de crue.
PHE 10	+ 4	+ 9	Retenue	Ecart faible, bonne représentation du modèle

Tableau 25 : Synthèse des repères de crue analysés

Les paramètres retenus en partie B.I.7 sont alors conservés pour le calcul des crues de projet quinquennale, décennale, trentennale, cinquantennale, centennial et exceptionnelle. Cartographie des hauteurs d'eau et vitesses maximales.

B.II.2. Cartographie des hauteurs et vitesses pour l'évènement de 2019

B.II.2.1. Secteur du centre-ville

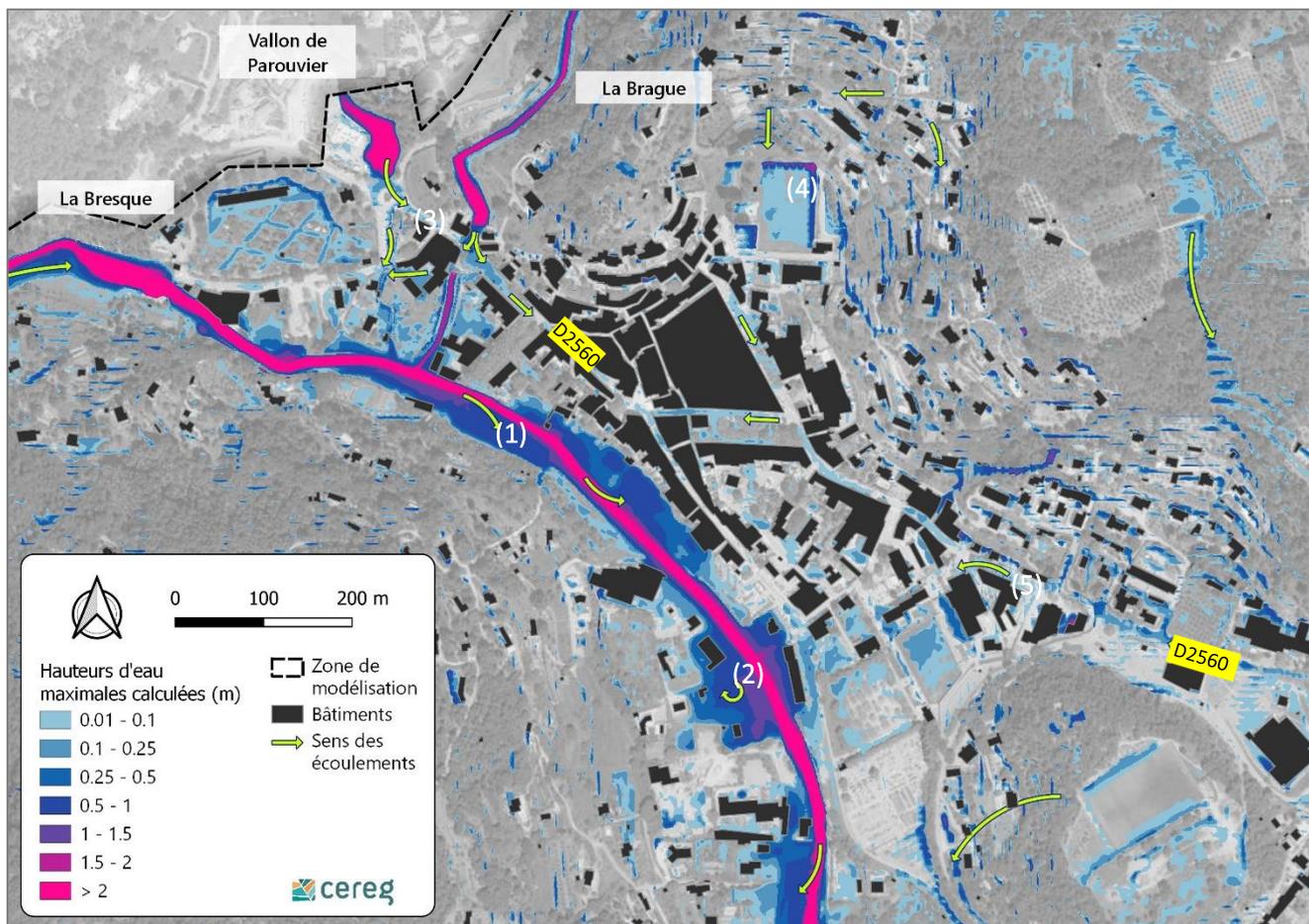


Illustration 37 : Hauteurs d'eau maximales calculées sur le secteur du centre-ville - Crue de Novembre 2019

La modélisation de la crue de 2019 met en évidence, sur le secteur du centre-ville, les points suivants :

- (1) Au point de confluence avec le vallon de la Brague, la Bresque déborde et s'écoule en lit majeur sur la voirie en rive droite puis au pied des habitations en rive gauche.
- (2) À l'approche du remblai donnant accès au pont de la route des Quatre chemins, les eaux s'accumulent en lit majeur avec localement jusqu'à 80 cm à 1 m d'eau au pied des bâtiments. Ces eaux se stockant en lit majeur rejoignent progressivement le lit mineur une fois que le débit dans ce dernier a diminué.
- (3) Sur le vallon de la Brague, la buse permettant le franchissement de la voirie (D2560) n'est pas suffisante et provoque une surverse sur la voirie. Les eaux se dirigent préférentiellement vers le centre-ville, en direction du sud-est. Le vallon de Parouvier, voisin de celui de la Brague est fortement contraint par la buse lui permettant de franchir le rond-point. Une partie des eaux s'accumule ainsi en amont et surverse sur le rond-point puis suit la D2560 vers le centre-ville. En 2019, lors de l'évènement, selon la commune, la buse était en charge et les lames d'eau très proches de la surverse. La simplification du modèle par la suppression des différents obstacles (murets, merlons de protection individuels) conduit à cet endroit à une surverse plus précoce. Cependant, ces obstacles ne constituent pas des ouvrages de lutte contre les inondations et ne peuvent pas être considérés dans ce type d'étude qui vise à caractériser l'aléa inondation.

- (4) Sur le centre-urbain, les ruissellements provenant du versant au nord du stade de foot suivent les voiries sans toutefois former d'axe concentré. Les hauteurs d'eaux modélisées à cet endroit sont surestimées en raison du blocage formé par les bâtiments, ainsi que l'absence de représentation des équipements de gestions des eaux pluviales ou pouvant interférer sur les axes d'écoulement (réseau enterré, fossé, muret, voirie, etc.)
- (5) Toujours sur la D2560, à proximité de la gendarmerie et en direction du centre-ville, les ruissellements suivent les axes routiers. Les eaux rejoignent la Bresque, en rive gauche, dans la zone inondée en amont du remblai de la route des Quatre chemins (2). Ces ruissellements, dans les endroits les plus contraints présentent des hauteurs d'eau pouvant atteindre une quarantaine de centimètres d'eau. Les lames d'eau s'écoulant dans les rues sont toutefois plus proches de 10 cm de profondeur.

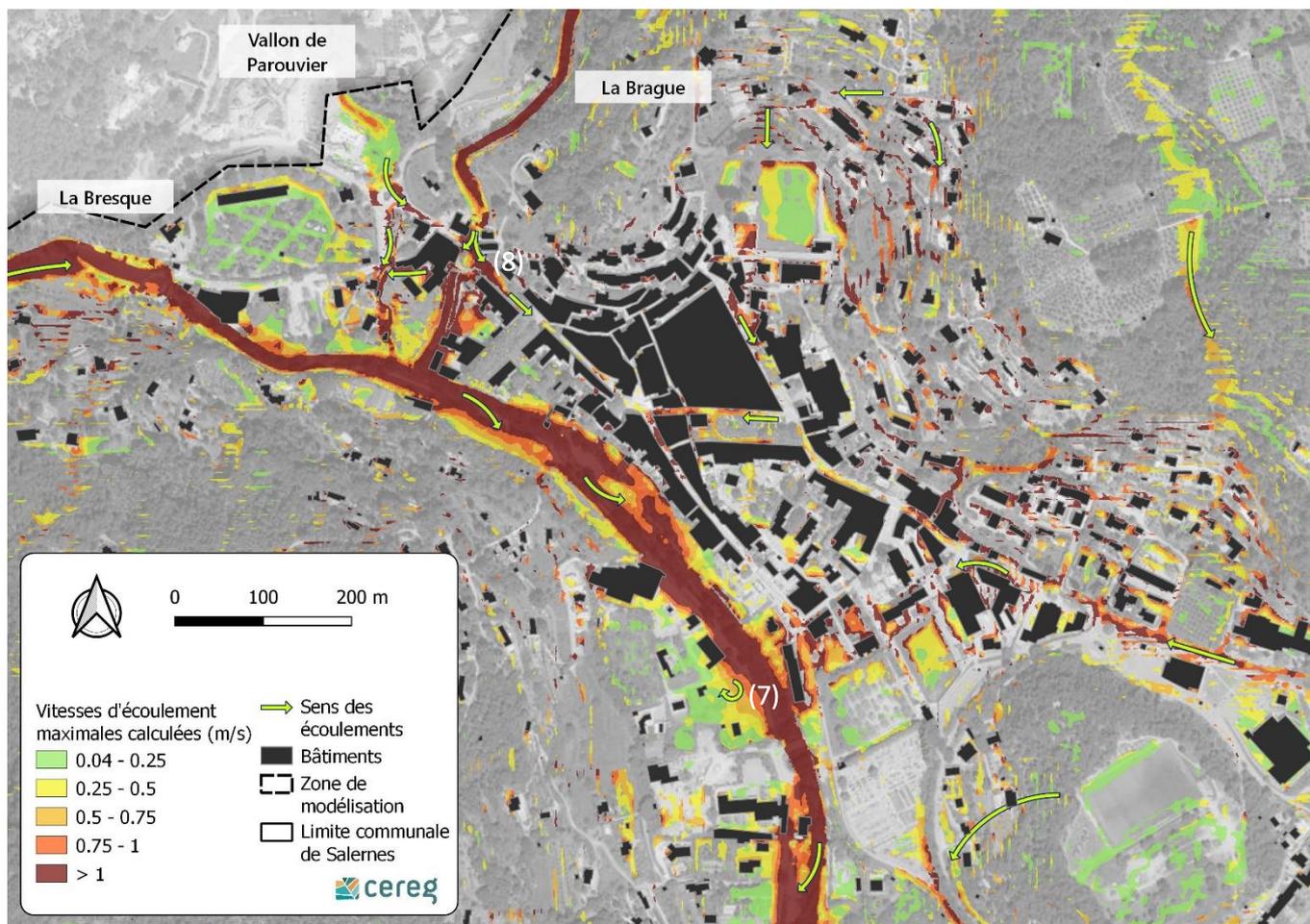
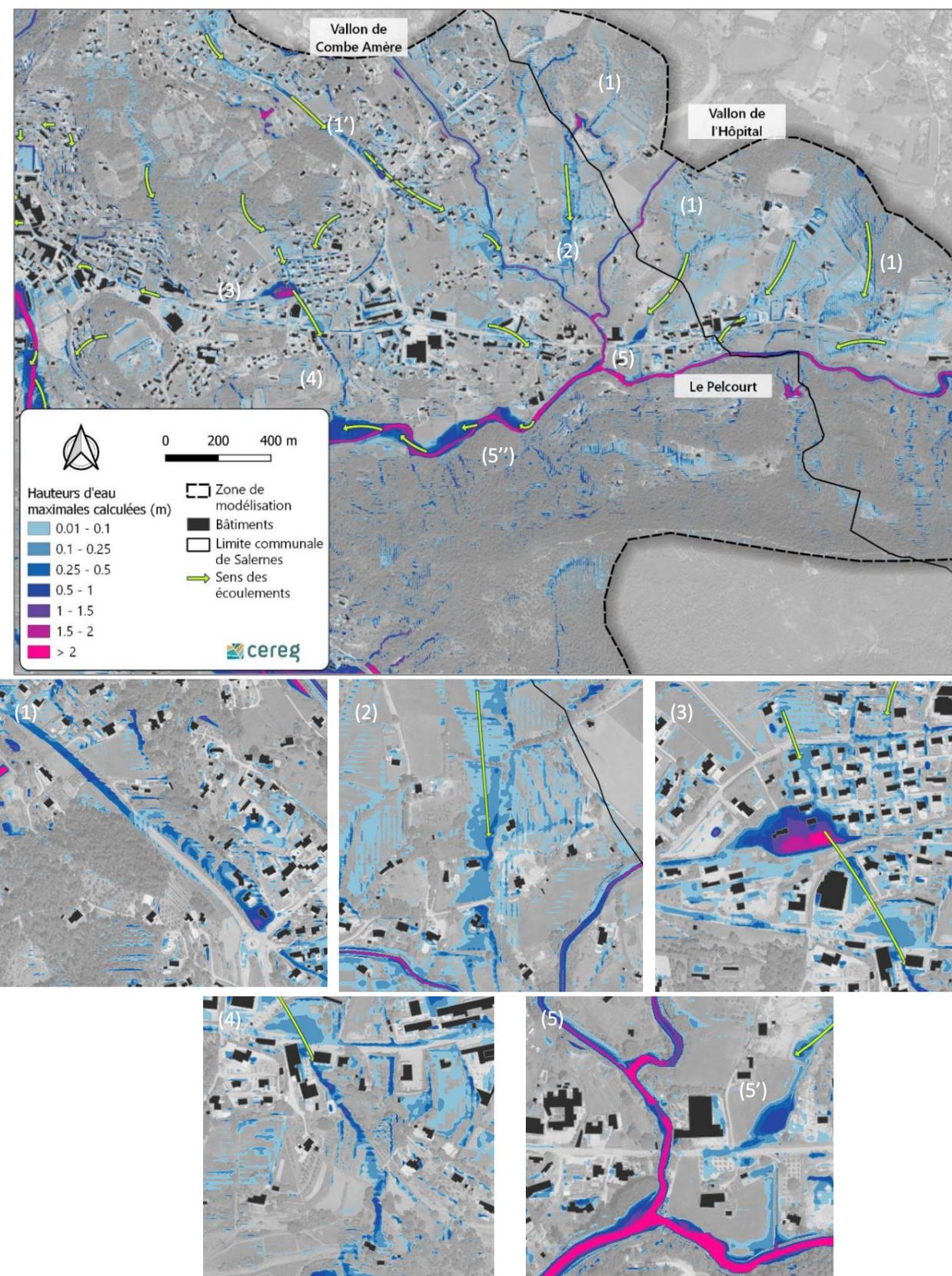


Illustration 38 : Vitesses d'écoulements maximales calculées sur le secteur du centre-ville - Crue de Novembre 2019

La modélisation des vitesses maximales calculées met en évidence, dans le lit mineur de la Bresque, à la traversée du centre-ville, des vitesses pouvant atteindre 2 à 2,5 m/s. Aux points de débordement, les vitesses maximales sont généralement plus faibles et proches de 0,5 à 1 m/s. Ces vitesses diminuent lorsque les eaux ont tendance à s'accumuler en raison d'un contrôle aval exercé par un rétrécissement ou un remblai (exemple du remblai de la route des Quatre chemins (7)).

Dans les zones de ruissellement, les plus fortes vitesses sont observées sur les axes routiers. Ces vitesses fluctuent fortement en fonction de la pente et peuvent atteindre 1,5 m/s (8).

B.II.2.2. Secteur du Pelcourt



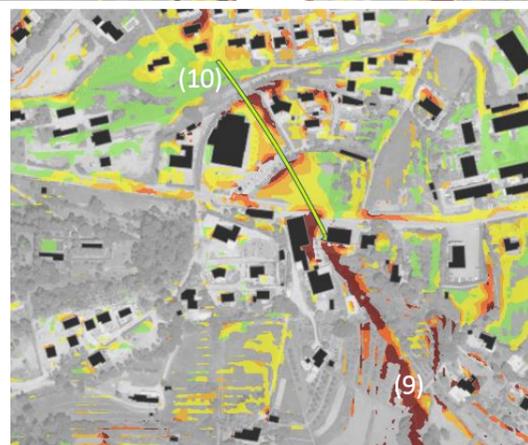
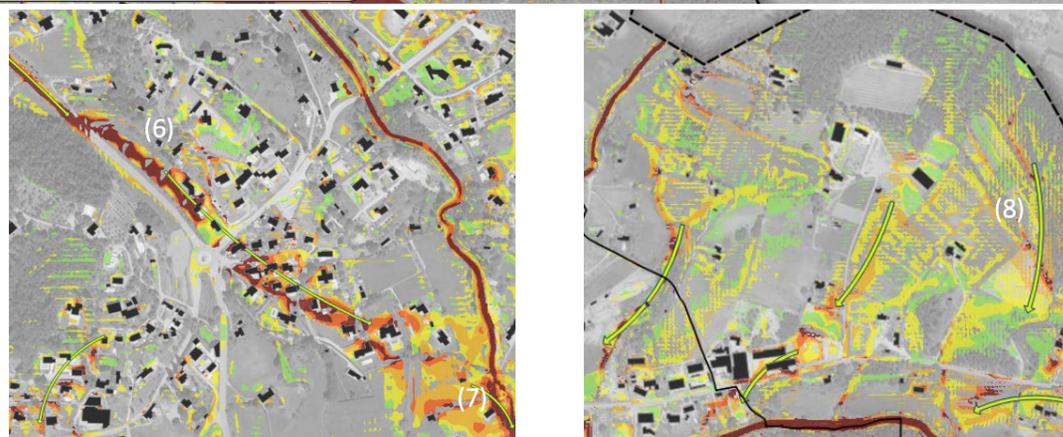
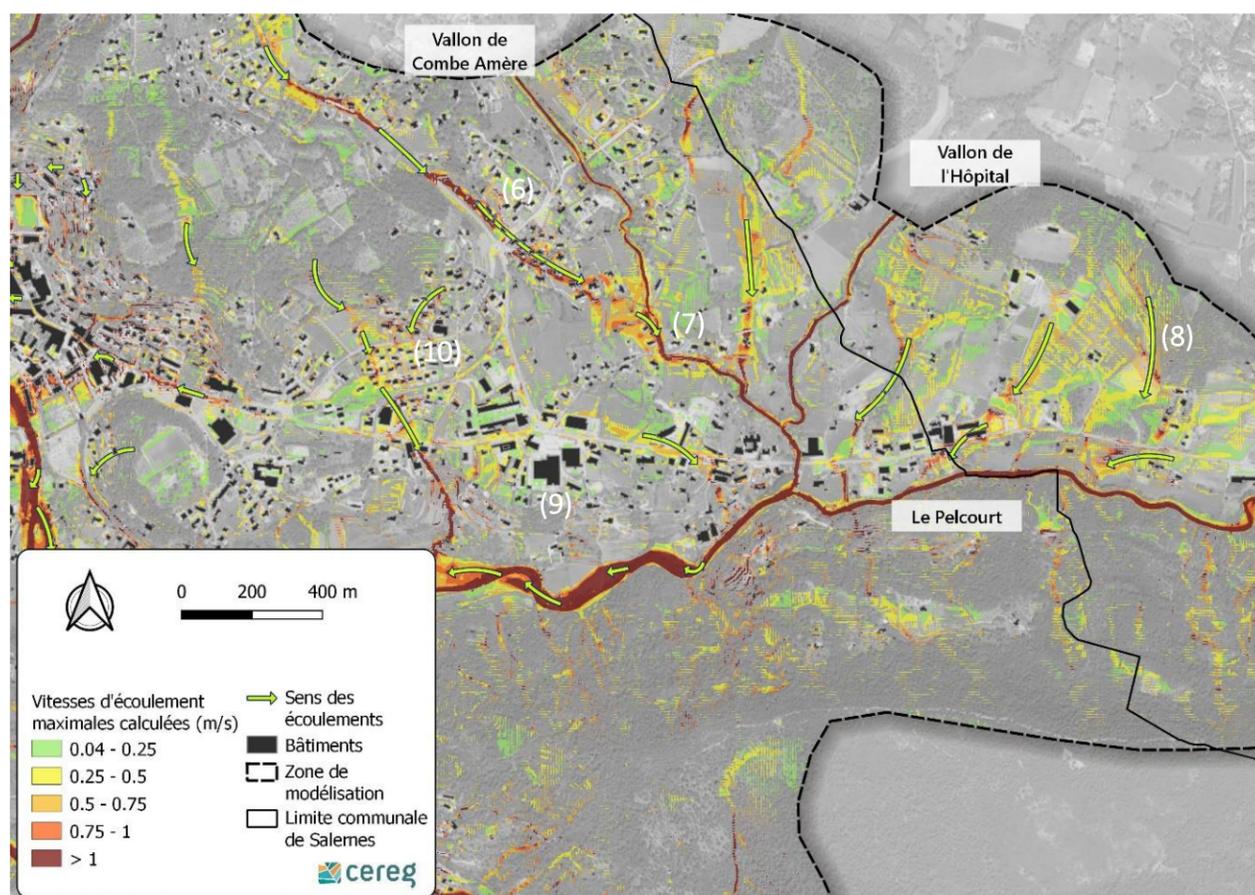
Sur le secteur du vallon de Pelcourt et de ses affluents, de nombreux axes de ruissellements relativement diffus s'écoulent sur les voiries (1) et passent à proximité ou sur les parcelles de certaines habitations (2). Sur la route de l'Europe (1), l'écoulement peut atteindre localement 40 cm de hauteur en raison d'une forte canalisation des eaux. Toutefois, l'absence de représentation des équipements pluviaux de voirie conduit à une surestimation de ces hauteurs par le modèle.

En amont du supermarché Lidl (3), une importante accumulation d'eau s'opère avec localement 2,70 m d'eau, dans les points bas. Sur le parking du Lidl, et plus au sud, en direction du Pelcourt (4), le ruissellement diffus se concentre et les hauteurs passent de 10-20 cm à 1 m là où l'écoulement est le plus resserré.

Les lits mineurs des différents cours d'eau avant leur point de confluence (5) permettent le passage de l'ensemble de la crue sans débordement majeur. À proximité de ce point de confluence, une zone de dépression est à l'origine d'un stockage des eaux s'écoulant depuis le nord (5'). Ce désordre identifié lors de la phase d'enquête est bien représenté ici. Les hauteurs d'eau maximales qui y sont modélisées atteignent une profondeur d'environ 95 cm.

En aval de ce point de confluence, le vallon de Pelcourt ne permet plus le passage du débit de crue et déborde en lit majeur (5'').

Illustration 39 : Hauteurs d'eau maximales calculées sur le secteur du Pelcourt - Crue de Novembre 2019



La lecture des vitesses maximales calculées montre des valeurs proches des 1,5 m/s sur les voiries comme la route de l'Europe notamment (6). Cet axe de ruissellement sur voirie voit les vitesses diminuer à l'approche du vallon de la Combe Amère où l'axe devient plus diffus (7). À cet endroit, les vitesses sont de l'ordre de 0,5 à 1 m/s.

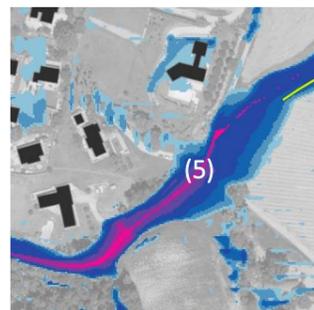
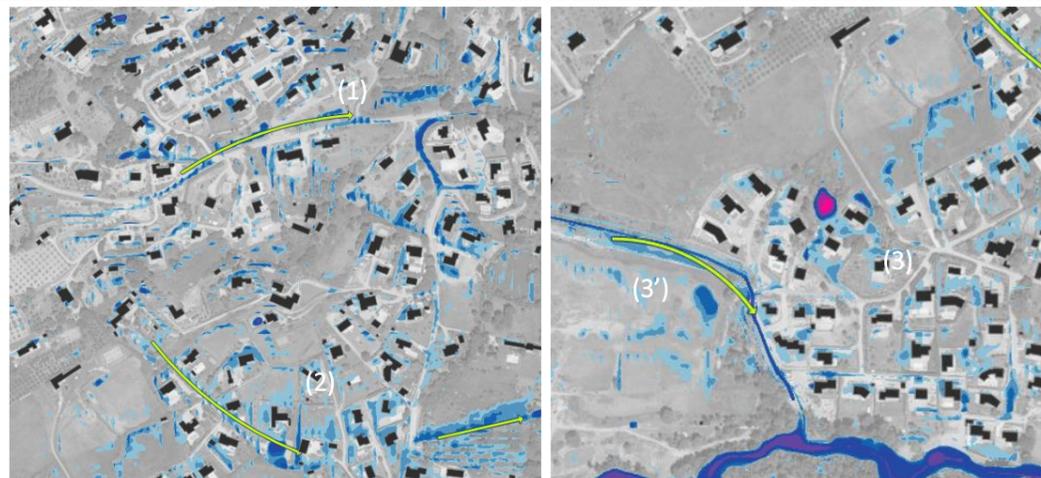
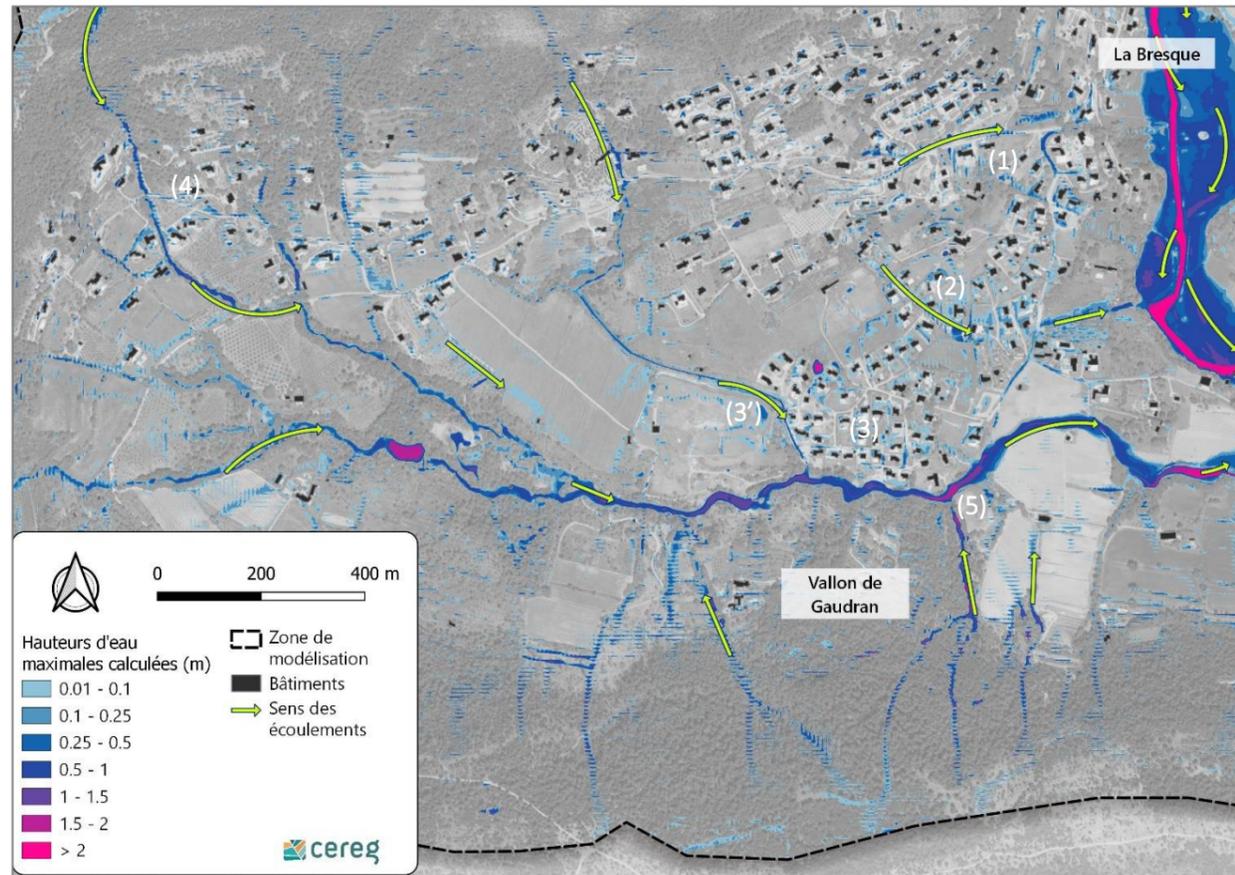
Plus à l'est, les grands secteurs de ruissellement plutôt diffus, identifiés dans le cadre de la modélisation (8), s'écoulent à des vitesses globalement comprises en 0,4 et 0,8 m/s. Localement, ces vitesses atteignent 1 m/s.

Sur le secteur du Lidl, là où l'axe est le plus concentré (9), les écoulements atteignent des vitesses de 2 m/s. Plus au nord (10), dans la zone de stockage, les vitesses sont presque nulles (< 0,2 m/s pour les vitesses maximales) en raison d'une accumulation des eaux. Cependant, au milieu des habitations du Mas de la Baume situées à proximité, les écoulements ont lieu avec des vitesses plus élevées proches des 1 m/s localement avec des hauteurs d'eau pouvant excéder 20 cm.

Dans le lit mineur du vallon de Pelcourt, les vitesses d'écoulement sont généralement proches de 2 m/s.

Illustration 40 : Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du Pelcourt - Crue de Novembre 2019

B.II.2.3. Secteur du Gaudran



Sur le vallon de Gaudran, les axes de ruissellement sont fortement concentrés en raison d'une topographie marquée à l'origine de vallon encaissés.

Certaines habitations situées dans le quartier Saint-Michel (1) et le quartier des Grangues (2) sont positionnées dans un axe de ruissellement diffus, rendu discontinu en raison de l'urbanisation du secteur.

Sur le quartier du Gaudran (3), de l'eau s'accumule dans les zones de dépression formées par les jardins des habitations notamment. Le fossé mitoyen (3') permet le drainage d'une partie des eaux provenant de l'amont et ainsi de préserver le quartier du Gaudran. Ce fossé est toutefois, pour cet évènement, insuffisant et déborde en rive droite puis en rive gauche au passage des habitations

Plus en amont, un axe fortement marqué (4) coupe la route des Quatre chemins et passe à proximité d'habitations. À cet endroit, les hauteurs d'eau atteignent 50 cm pour une vitesse de 0,5 à 1 m/s. Ces eaux sont en partie canalisées par un fossé.

Sur ce secteur, le débordement des cours d'eau n'impacte pas les habitations existantes. En effet, comme identifié par modélisation et avec les enquêtes, l'essentiel des désordres provient des ruissellements. Le débordement de cours d'eau est cependant à l'origine d'une coupure de voirie sur le chemin du Serre provoquant l'isolement temporaire de quelques habitations situées en rive droite du Gaudran (5).

Illustration 41 : Hauteurs d'eau maximales calculées sur le secteur du Gaudran - Crue de Novembre 2019

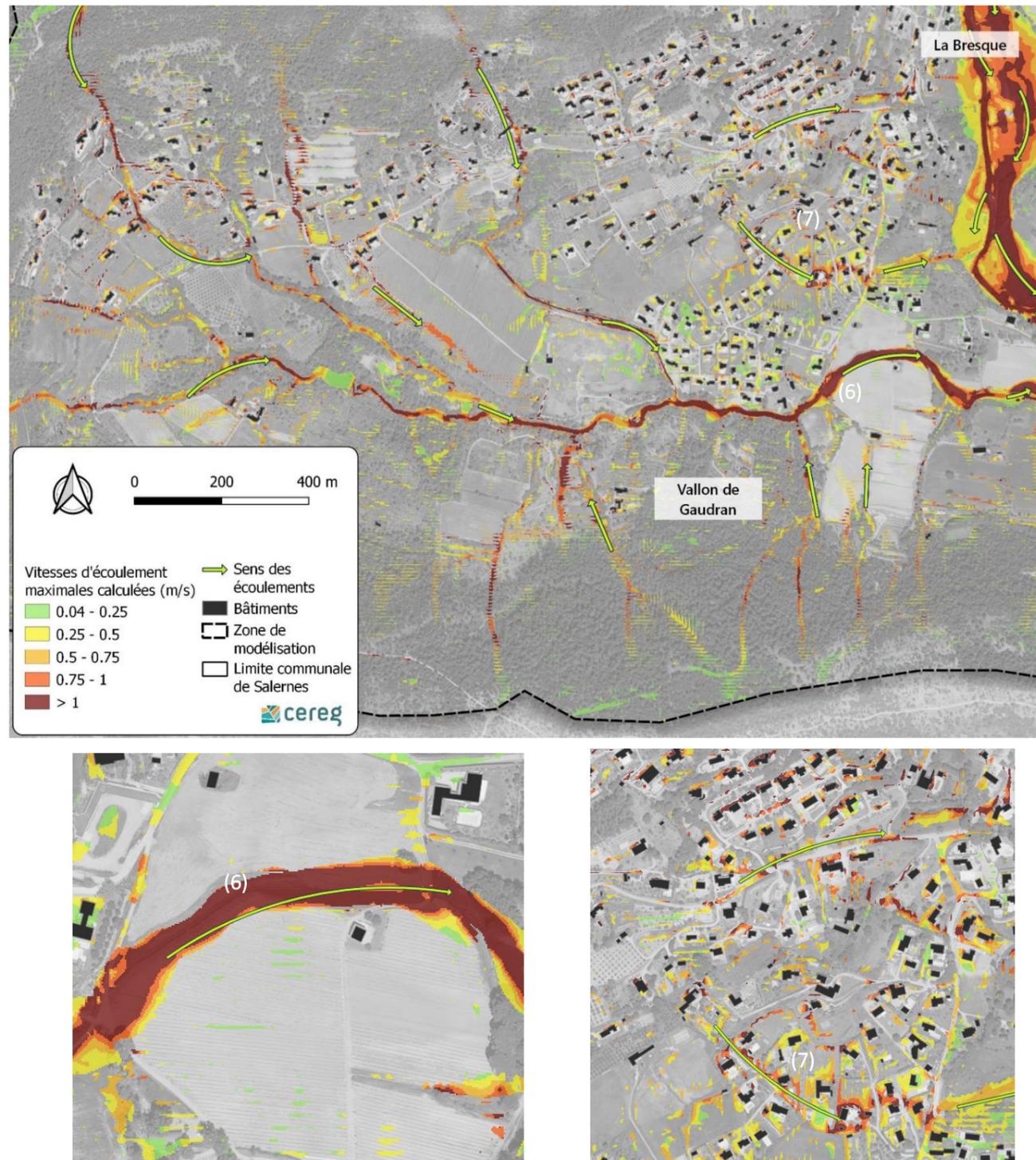


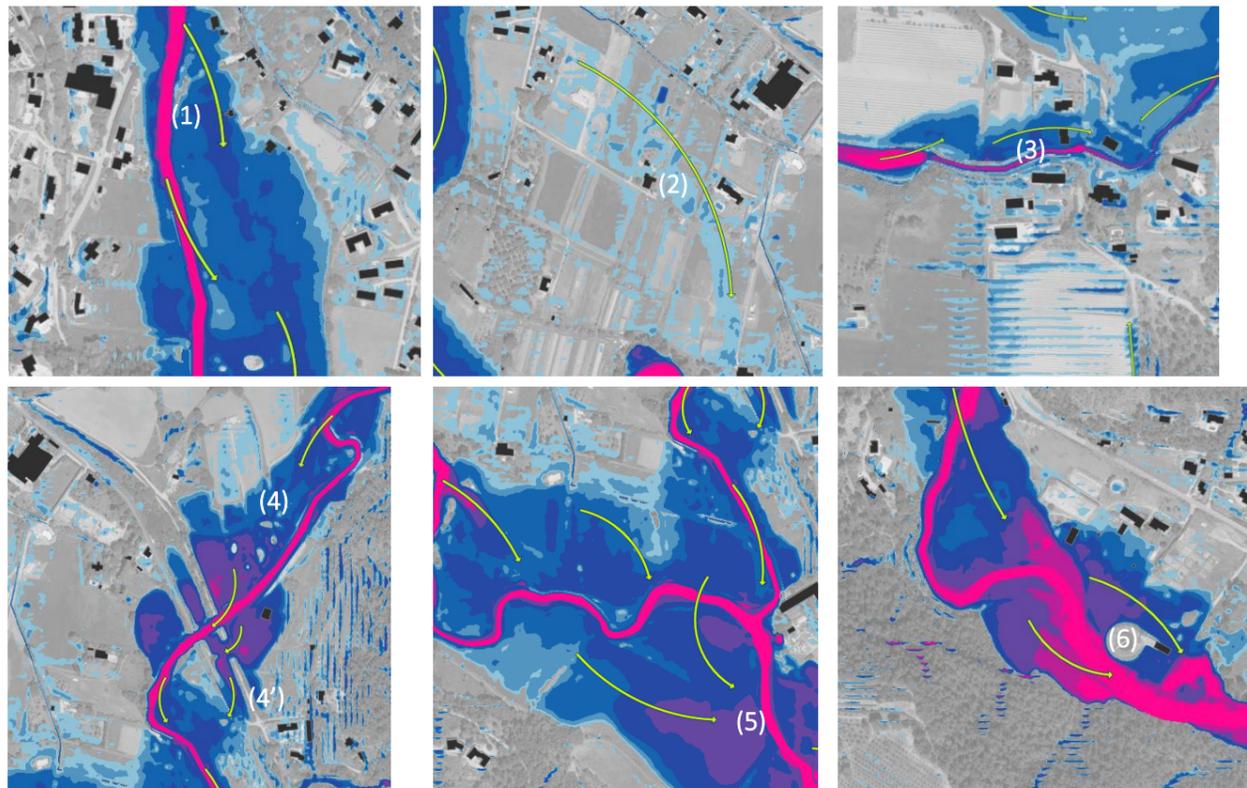
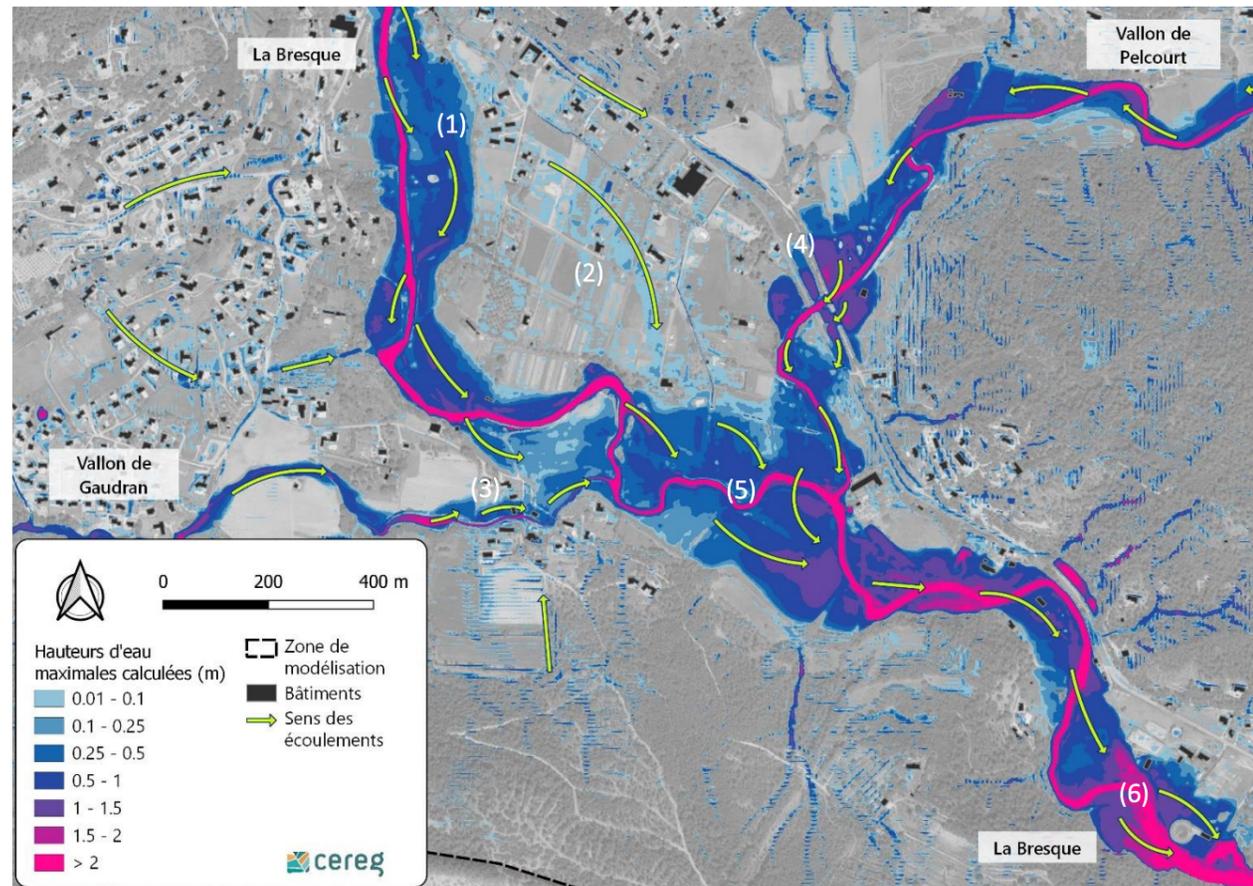
Illustration 42 Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du Gaudran - Crue de Novembre 2019

Les écoulements s'effectuant dans les différents vallons encaissés du secteur du Gaudran se font avec des vitesses généralement comprises entre 1 et 2 m/s. Malgré une pente importante, les vitesses n'atteignent pas des valeurs supérieures. Ceci est dû à un ralentissement des écoulements imposé par la végétation la plupart du temps. Ce ralentissement est représenté par des coefficients de rugosité plus élevés.

Dans le lit mineur du Gaudran, les vitesses d'écoulement sont comprises entre 1 et 1,5 m/s de manière générale. Localement, et notamment sur les secteurs où des débordements ont lieu, comme à proximité du chemin du Serre (6), les vitesses peuvent atteindre 2 m/s.

Sur les secteurs plus urbanisés (7) comme le quartier Saint-Michel et celui des Grangues, les écoulements sont régulièrement ralentis par l'urbanisation du secteur et les obstacles formés par l'aménagement du territoire. Cependant, les vitesses maximales calculées sont généralement supérieures à 0,5 m/s et atteignent par endroits 1 m/s.

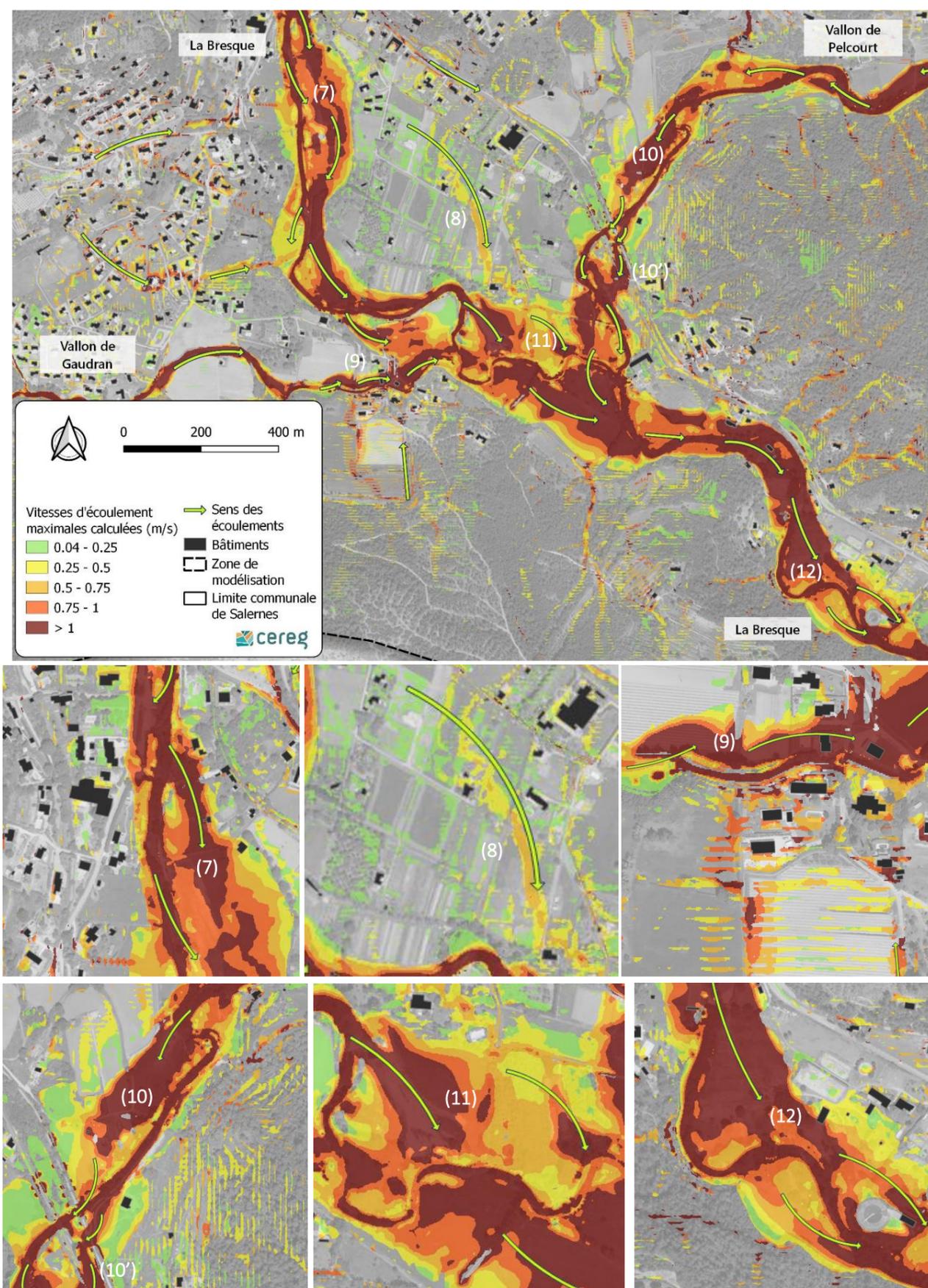
B.II.2.4. Secteur du Plan et confluences



Le secteur du Plan constitue une vaste plaine, en partie inondable où les eaux de la Bresque et de ses affluents peuvent déborder parfois librement quelques fois de manière contrainte (merlon, ouvrages hydrauliques, etc.).

- (1) Le premier point de débordement majeur a lieu après la traversée du centre-ville de Salernes et après le franchissement du pont de la route des Quatre chemins. Celui-ci s'opère en rive gauche préférentiellement et inonde la plaine. Sur l'épisode de 2019, les hauteurs maximales calculées à proximité de ce premier point de débordement sont de l'ordre de 40 à 60 cm. Les eaux restent contenues dans une enveloppe d'inondation clairement identifiée par la cartographie ;
- (2) À proximité de cette enveloppe d'inondation bien marquée du débordement de la Bresque, un axe de ruissellement majeur est observé sur la zone du Plan et passe à proximité d'habitations déjà existantes. Cet axe d'écoulement récupère les eaux de ruissellement provenant du nord ainsi que celles précipitées localement. Les hauteurs d'eau modélisées sont majoritairement comprises entre 5 et 10 cm. À noter que sur ce secteur, un nombre important de canaux de faible profondeur est existant (canal Saint-Barthélémy principalement). Malgré un rôle attribué à l'irrigation, ces canaux sont à l'origine de modifications des axes de ruissellement lors des épisodes pluvieux sur le secteur du Plan. Ces particularités même si partiellement représentées dans le modèle sont de tailles trop réduites en comparaison à l'emprise de travail. La définition de l'incidence de ces canaux sur la gestion des eaux pluviales ne peut pas être clairement établie dans le cadre de cette étude ;
- (3) Peu avant le point de confluence du vallon de Gaudran avec la Bresque, quelques habitations sont positionnées dans l'emprise de crue en rive gauche du Gaudran. À cet endroit, le cours d'eau est fortement contraint en raison d'une retenue d'eau, d'une section d'écoulement rectifiée et canalisée ainsi que d'ouvrages hydrauliques (pont, buse) permettant l'accès aux propriétés. Ces différentes contraintes liées à l'aménagement du territoire favorisent le débordement des écoulements s'effectuant dans le vallon de Gaudran. Sur la rive opposée (rive droite), les quelques habitations existantes sont quant à elle exposées à du ruissellement avec des hauteurs généralement comprises entre 10 et 20 cm ;
- (4) Comme évoqué précédemment, le vallon de Pelcourt commence à déborder après le point de confluence avec les vallons de la Combe Amère et de l'Hôpital. Ce premier débordement a lieu à l'approche des méandres formés par le cours d'eau, provoquant ainsi une coupure de ces derniers et changeant alors la direction du flux principal. Ce flux étant initialement sinueux, puisqu'il suivait les courbes, devient alors plutôt rectiligne et conduit à une augmentation des vitesses et une modification de la direction du champ de vitesses. Les eaux des débordements finissent par s'accumuler au pied des remblais routiers (4') de la piste cyclable et de la route d'Entrecasteaux. Ces remblais peuvent être franchis grâce à deux ponts, toutefois à l'origine d'un rétrécissement de la section du cours d'eau. Ces rétrécissements influencent l'écoulement et provoquent des pertes de charge ralentissant ainsi le drainage des eaux vers l'aval et augmentant leur accumulation en amont. Une partie des eaux se stocke entre les deux remblais et peut surverser au niveau d'un point bas, sur le remblai où passe la route d'Entrecasteaux (4') ;
- (5) Au point de confluence de la Bresque, des vallons de Pelcourt et de Gaudran, la plaine est largement inondée par des hauteurs d'eau comprises entre 50 cm et 1,2 m, en fonction de la dénivellation rencontrée sur le secteur. L'axe d'écoulement principal ne suit plus le lit mineur de la Bresque mais devient plus rectiligne et suit la pente globale de la plaine ;
- (6) Plus en aval, peu avant l'entrée dans les gorges donnant accès à Entrecasteaux, quelques habitations ainsi que la station d'épuration sont inondées par des hauteurs d'eau proches d'un mètre.

Illustration 43 : Hauteurs d'eau maximales calculées sur le secteur du Plan et des points de confluence - Crue de Novembre 2019



L'étude des vitesses d'écoulement maximales montre de fortes disparités au sein de l'enveloppe d'inondation de la Bresque et de ses affluents. De manière générale, les vitesses les plus élevées se trouvent dans l'emprise du lit mineur des cours d'eau ainsi qu'aux points de débordement, particulièrement au niveau des coupures de méandres comme aux points (10) et (11) par exemple.

- (7) Au niveau du premier point de débordement vers le secteur du Plan, les vitesses d'écoulements maximales sont comprises entre 1 et 1,5 m/s sur les axes principaux. En bordure de la zone inondée, les vitesses sont réduites et globalement proches de 0,5 m/s ;
- (8) L'axe de ruissellement majeur de la zone du Plan est caractérisé par des vitesses d'écoulement plutôt faibles en raison d'une pente peu marquée sur le secteur. La gamme de vitesse modélisée est de 0,3 à 0,6 m/s avec pour rappel, des hauteurs d'eau globalement comprises entre 5 et 10 cm. La présence des canaux à cet endroit peut être à l'origine d'une modification de l'axe identifié dans cette modélisation ;
- (9) Sur la partie aval du vallon de Gaudran, les quelques habitations dans l'emprise de crue sont exposées à des vitesses importantes atteignant 1,5 à 2 m/s. Celles situées sur la rive opposée sont exposées à du ruissellement pouvant atteindre 1 m/s sur la partie concentrée de l'axe d'écoulement ;
- (10) Sur le vallon du Pelcourt, les vitesses d'écoulement sont de l'ordre de 2 m/s aux points de coupure des méandres. Ces vitesses réduisent alors légèrement en s'éloignant du point de débordement mais restent relativement élevées avec des valeurs supérieures à 1,5 m/s. Au franchissement du remblai où chemine la route d'Entrecasteaux (10'), la vitesse de l'eau surversant peut atteindre 3 m/s pour les lames d'eau surversées de faible hauteur (< 20 cm). La surverse se fait de manière générale avec une vitesses d'écoulement de 1,5 à 2 m/s pour une hauteur d'eau de 50 cm et constitue ainsi un réel danger au franchissement de la route par un véhicule ;
- (11) Dans la zone de confluence des différents cours d'eau, les vitesses maximales modélisées sont plutôt disparates. Les vitesses les plus élevées sont calculées aux points de coupure des méandres où elles sont comprises entre 1 et 2 m/s. Ces vitesses sont par endroits bien plus faibles (< 0.6 m/s), il s'agit des secteurs n'étant pas positionnés dans l'axe des cours d'eau mais toutefois inondés par la montée progressive de la cote de crue ;
- (12) Sur la partie aval où la plaine se resserre, les vitesses sont augmentées. En effet, à cet endroit la section du lit majeur est réduite. Ceci conduit ainsi à une augmentation de la vitesse d'écoulement pour un même débit. Des vitesses parfois proches des 3 m/s sont calculées sur les points de débordement. Dans la plaine ces vitesses diminuent mais sont toujours supérieures à 1 m/s. À l'approche de la station d'épuration, la plaine se réouvre légèrement, les vitesses diminuent mais atteignent localement 1,5 m/s.

Illustration 44 : Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du Plan - Crue de Novembre 2019

B.II.3. Crues de projet

En complément de l'interprétation des résultats de la crue de 2019, l'analyse des résultats des crues de projet s'attache à détailler précisément la crue de référence (crue de projet centennale) ainsi que la crue de plus petite occurrence modélisée (crue quinquennale). L'étude de ces deux crues permet d'apprécier les premiers points de débordements, les axes de ruissellement ainsi que les dynamiques d'inondation du lit majeur.

Pour les crues intermédiaires, 10, 30 et 50 ans, les cartographies sont présentées mais seules les modifications majeures par rapport à l'occurrence inférieure sont détaillées. Les cartographies non accompagnées d'une description dans ces sections traduisent une absence de modification significative de l'emprise de crue, de la dynamique d'écoulement, des hauteurs d'eau ou des vitesses d'écoulement. Les résultats détaillés sont consultables sous format A0 dans le document de rendu des cartographies.

B.II.3.1. Crue quinquennale

Pour rappel, les données de pluie et de débit utilisées pour cette crue quinquennale sont les suivantes.

Occurrence de la pluie	Cumul total (24h) (mm)	Cumul (12h) (mm)	Cumul (6h) (mm)	Pic intense 1h (mm)	Pic intense 6min (mm)
5	108.8	90.2	73.9	38.4	12.7

Tableau 26 : Synthèse de la pluie de projet quinquennale utilisée

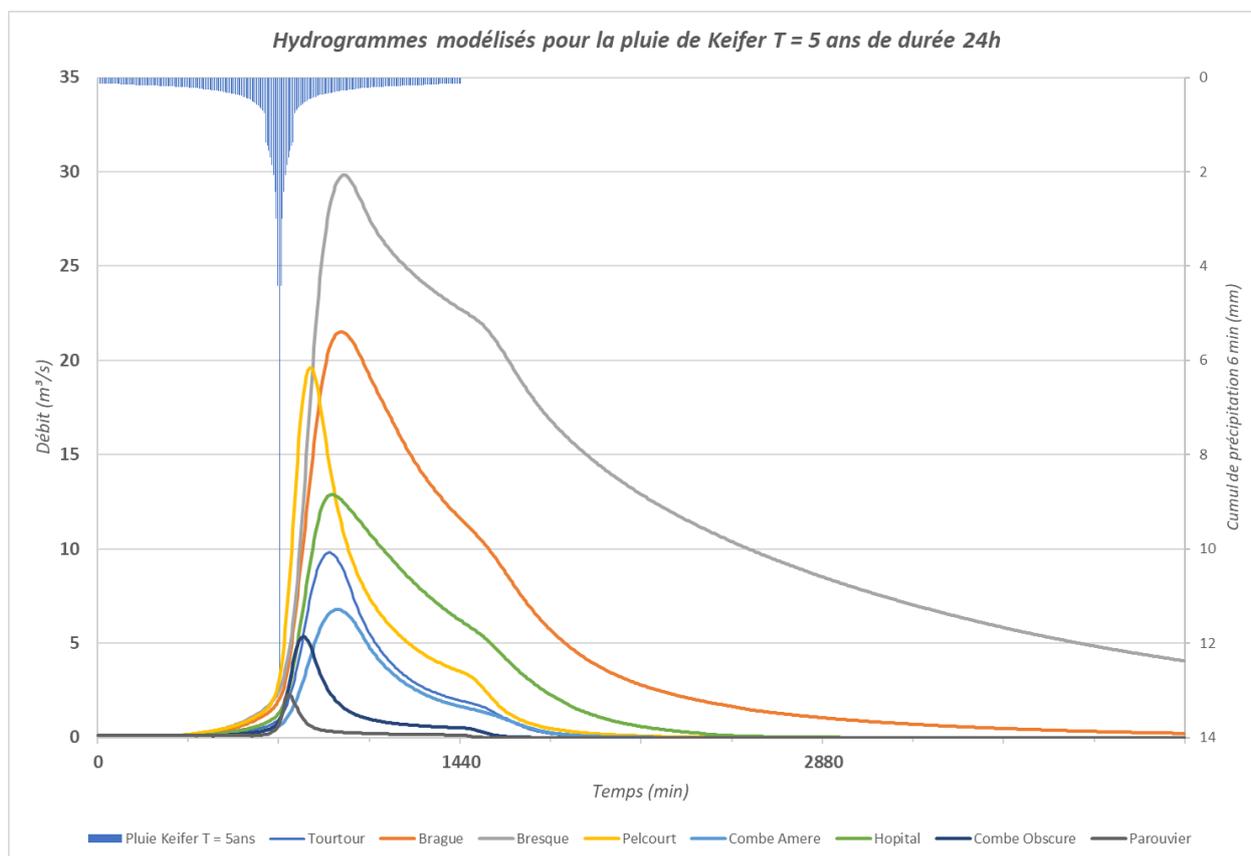


Illustration 45 : Hydrogrammes et hyétogramme modélisés pour la crue quinquennale

B.II.3.1.1. Secteur du centre-ville

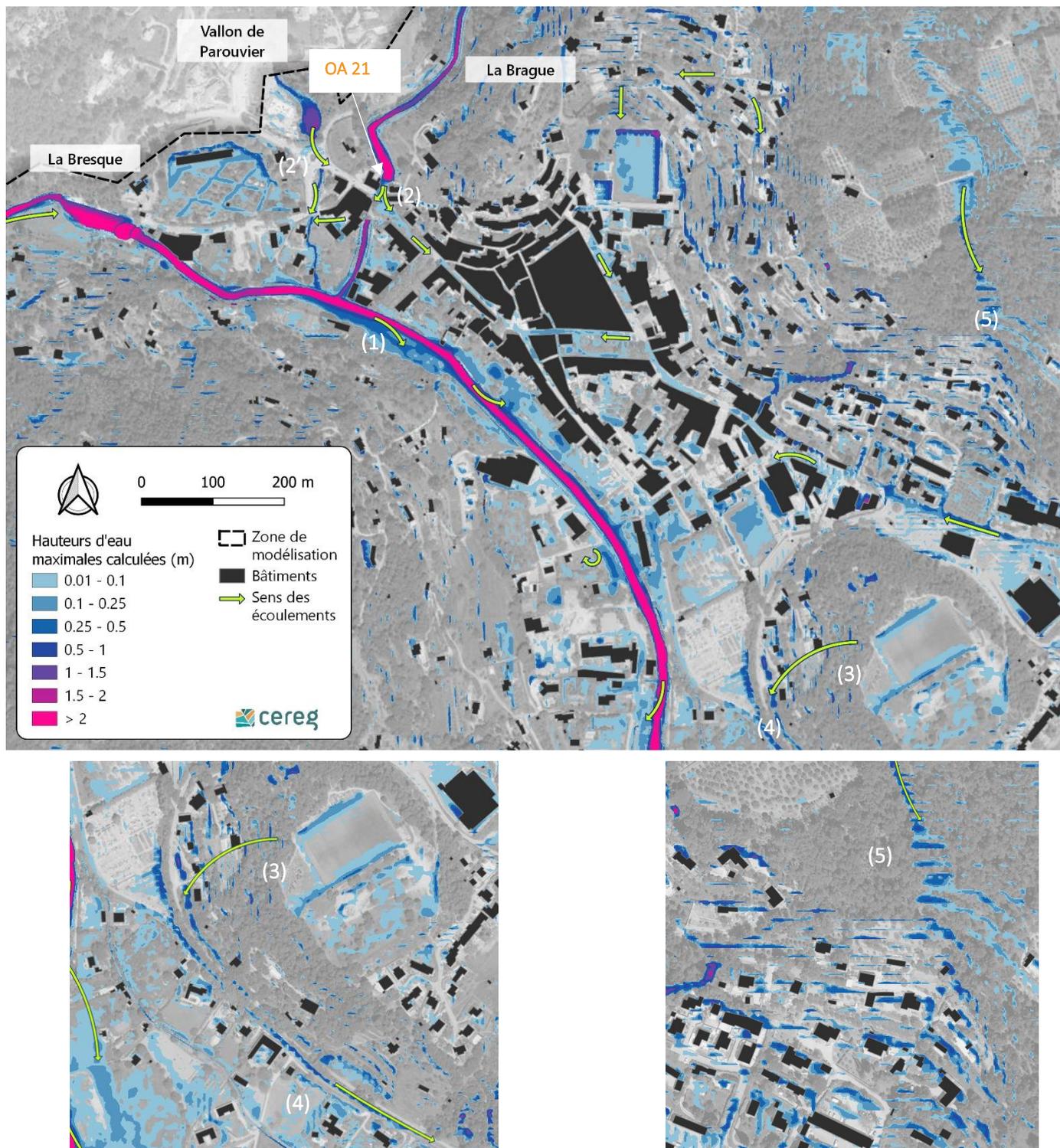


Illustration 46 : Hauteur d'eau maximales calculées sur le secteur du centre-ville - Crue quinquennale

La crue quinquennale permet de caractériser les points de débordement les plus sollicités lors des crues de la Bresque et de ses affluents.

Sur la Bresque, dans sa traversée du centre-ville de Salernes, les débordements s'effectuent immédiatement en aval de la confluence avec le vallon de la Brague (1). Ces débordements ont lieu au passage d'un débit de 40 m³/s dans le lit mineur de la Bresque.

Sur la Brague, le caractère très encaissé du vallon l'empêche de déborder en dehors de son lit mineur jusqu'au passage busé permettant le franchissement de la route départementale (2). À l'approche de cette buse, d'importants

méandres sont à l'origine de pertes de charge qui s'accroissent encore à l'entrée dans la buse (OA21). Au passage de cette buse, l'eau commence à surverser dès l'atteinte d'un débit de 20 m³/s. Le débit maximal de l'ouvrage, une fois ce dernier submergé est de 25 m³/s. Les eaux de surverse s'écoulent vers le centre-ville au sud-est, ainsi qu'en direction de l'ancienne fabrique de tomette au sud-ouest. Les eaux excédentaires ne rejoignent pas le lit mineur de la Brague mais s'écoulent vers d'autres thalwegs les ramenant vers la Bresque.

Les écoulements du vallon de Parouvier (2'), voisin du vallon de la Brague, s'accumulent au nord du rond-point en raison d'une contrainte hydraulique imposée par une buse de section insuffisante au regard du bassin versant situé en amont. En effet, cette buse en Ø1200 permet au maximum le passage d'un débit de 3 m³/s (cas d'une conduite submergée avec hauteur de charge augmentant les débits écoulés) environ pour un débit de pointe quinquennal arrivant en amont de 2,3 m³/s. La dynamique des écoulements à cet endroit ainsi que la durée de l'évènement conduisent pour cette occurrence à une saturation de la buse ainsi qu'à un remplissage de la zone de dépression en amont de la buse.

Concernant les ruissellements, dès l'occurrence 5 ans, les axes identifiés précédemment pour l'analyse de la crue de novembre 2019 sont déjà mobilisés. Les hauteurs d'eau sont même légèrement supérieures en raison du type de pluie de projet utilisé. En effet, la pluie de projet de type Keifer sur un pas de temps de 6 minutes présente un pic intense plus fort que la pluie mesurée et retranscrite dans la donnée Antilope J+1 pour l'évènement de 2019.

Au sud de ce secteur d'étude, sur le relief du Pin Bernard (3), un axe de ruissellement relativement discontinu est présent dans la modélisation. À cet endroit, les échanges avec les riverains ont permis d'aborder une problématique de ruissellement bien existante à l'origine d'un écoulement concentré à proximité et sur la route d'Entrecasteaux (4). Une branche du canal Saint-Barthélémy passant au pied du massif, non modélisée ici, est en partie à l'origine d'une canalisation des eaux sur ce secteur.

De l'autre côté du relief du Pin Bernard, au nord de la gendarmerie ainsi que de la caserne de pompiers (impasse de la Manserve) (5), un axe de ruissellement concentré se forme en amont des habitations. À l'approche des bâtiments, et en partie en raison de l'urbanisation, cet axe de ruissellement devient discontinu et plutôt diffus. Toutefois, des hauteurs d'eau importantes, parfois proches de 50 cm, se stockent à proximité des habitations où de leurs clôtures. Ces hauteurs sont surestimées dans le cadre de la modélisation qui ne prend pas en compte l'ensemble des réseaux de drainage existants, ni les éléments de topographie fins pouvant dévier les écoulements. Les limites de la modélisation sur ces secteurs urbains et/ou pentus sont aussi à l'origine de surestimations des hauteurs d'eau en raison de difficulté de propagation dans le calcul. Toutefois, une réelle problématique de ruissellement est identifiée sur ce secteur. Les écoulements finissent par rejoindre la route départementale au sud qui dirige les eaux vers le centre-ville puis la Bresque.

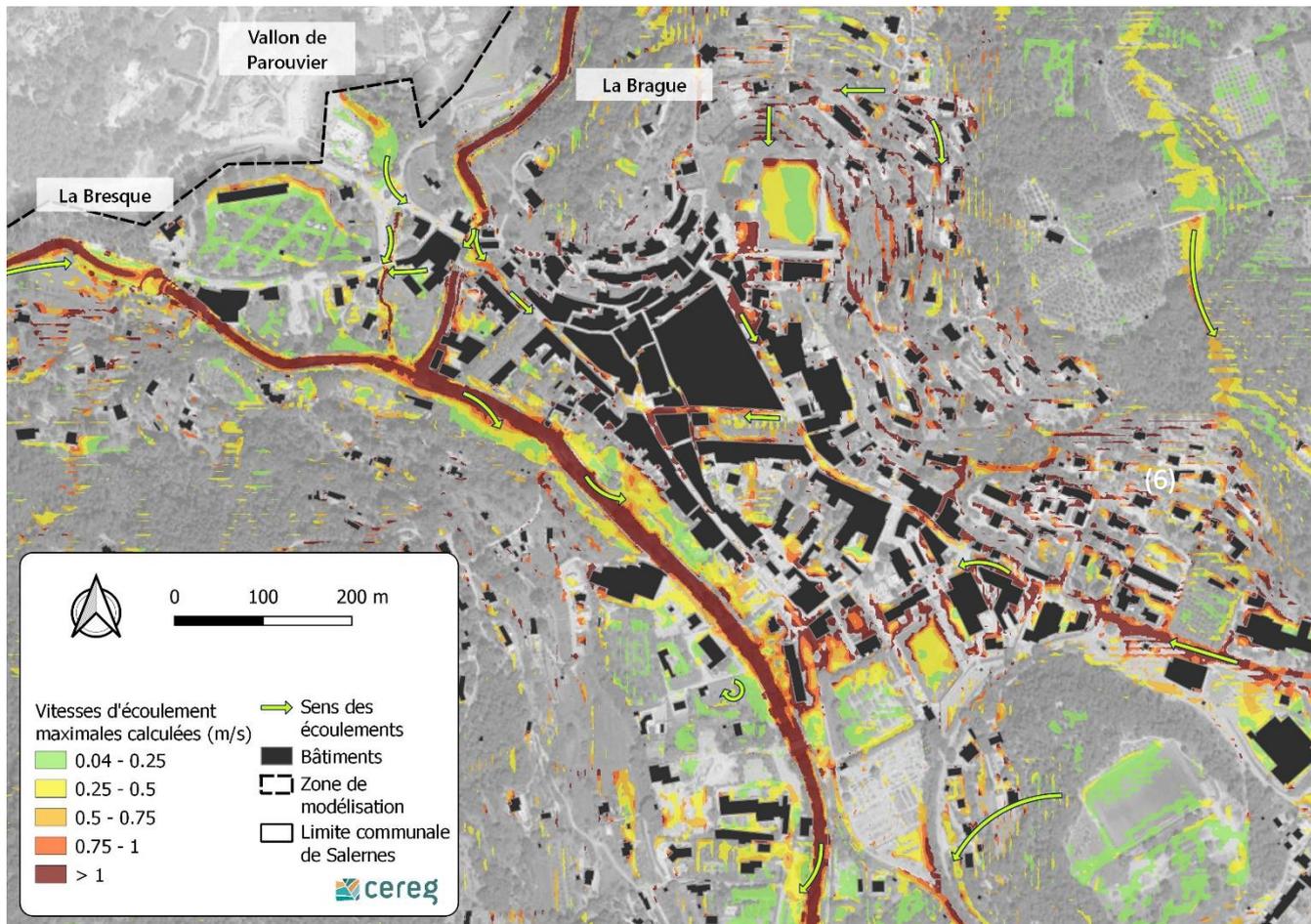


Illustration 47 : Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du centre-ville - Crue quinquennale

Sur le secteur de la Manserve (6), inondé par ruissellement comme évoqué précédemment, les vitesses d'écoulements sont parfois supérieures à 1 m/s là où l'écoulement est pourtant diffus. Cette valeur de vitesse reste indicative en raison de l'absence de représentation des singularités du terrain. Toutefois, la forte pente et l'urbanisation laissent présumer de vitesses de ruissellement non négligeables sur ce secteur positionné sur un versant avec un dénivelé supérieure à 10%.

Dans le centre du village, les ruissellements modélisés dans les rues s'effectuent avec des vitesses généralement comprises entre 1 et 1,5 m/s pour des hauteurs d'eau excédant rarement 10 à 15 cm.

Dans le lit mineur de la Bresque, les vitesses maximales sont proches de 2 m/s.

Sur les points de premier débordement, ces vitesses sont proches de 1 m/s.

B.II.3.1.2. Secteur du Pelcourt

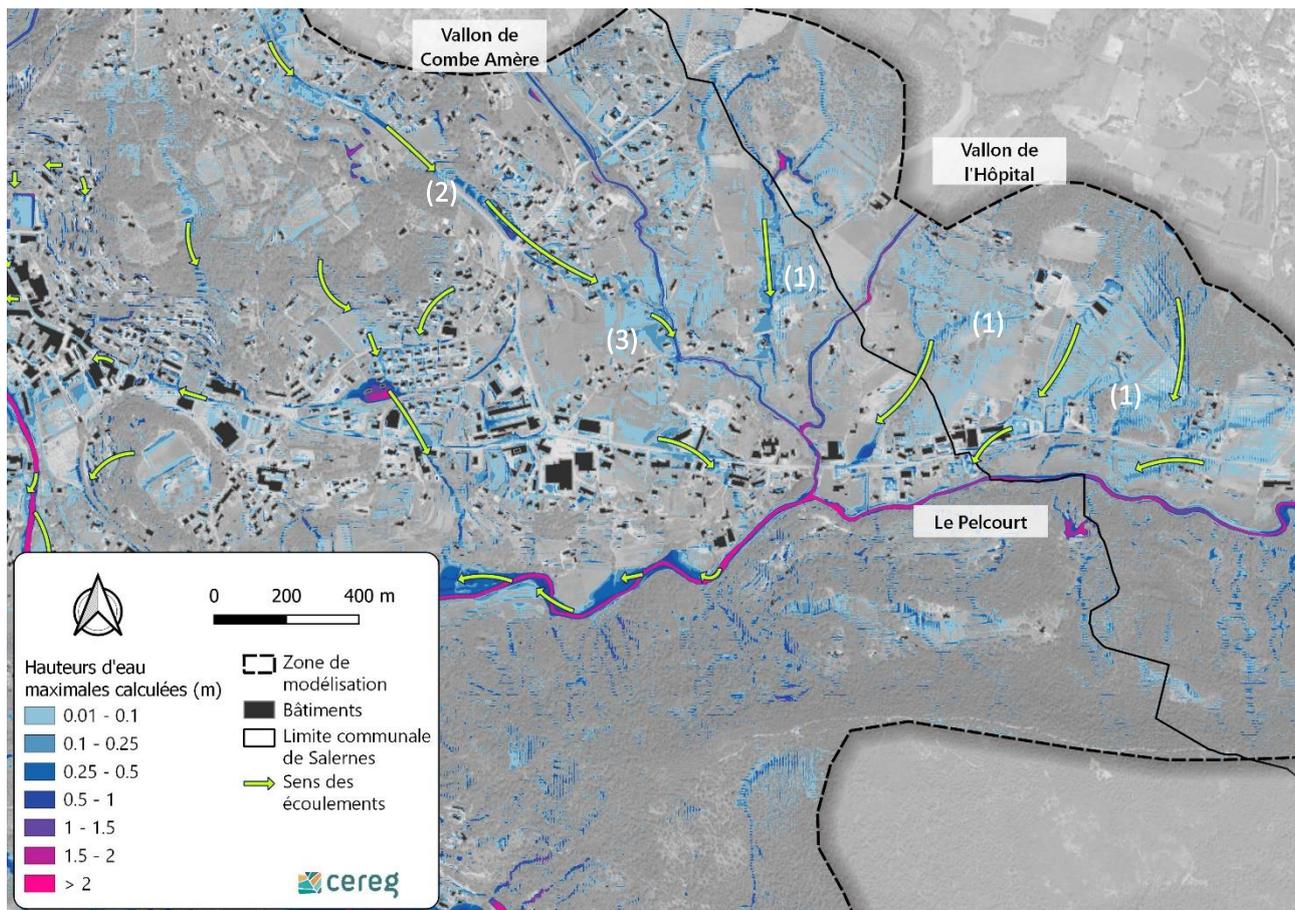


Illustration 48 : Hauteur d'eau maximales calculées sur le secteur du Pelcourt - Crue quinquennale

Sur ce secteur du Pelcourt, comme évoqué pour la crue de calage, l'inondabilité provient principalement des ruissellements. Dès l'occurrence quinquennale, ces axes sont marqués avec des hauteurs d'eau n'excédant que rarement les 20 cm (1). Sur la route de l'Europe (2), les hauteurs d'eau calculées sont bien plus fortes avec par endroits des hauteurs d'eau maximales calculées de 50 cm. Les équipements de gestion des eaux pluviales existants actuellement le long de cette voirie permettent un drainage des lames d'eaux alors surestimées en hauteur, dans le cadre de la modélisation.

En aval de la route de l'Europe, l'axe de ruissellement rejoint les habitations (3) comme identifié pour la crue de 2019. Ces eaux rejoignent ensuite le vallon de la Combe Amère. Les hauteurs d'eau calculées sont de l'ordre de 20 cm. Les vitesses calculées vont de 0,8 à 1,2 m/s à proximité des bâtiments déjà existants.

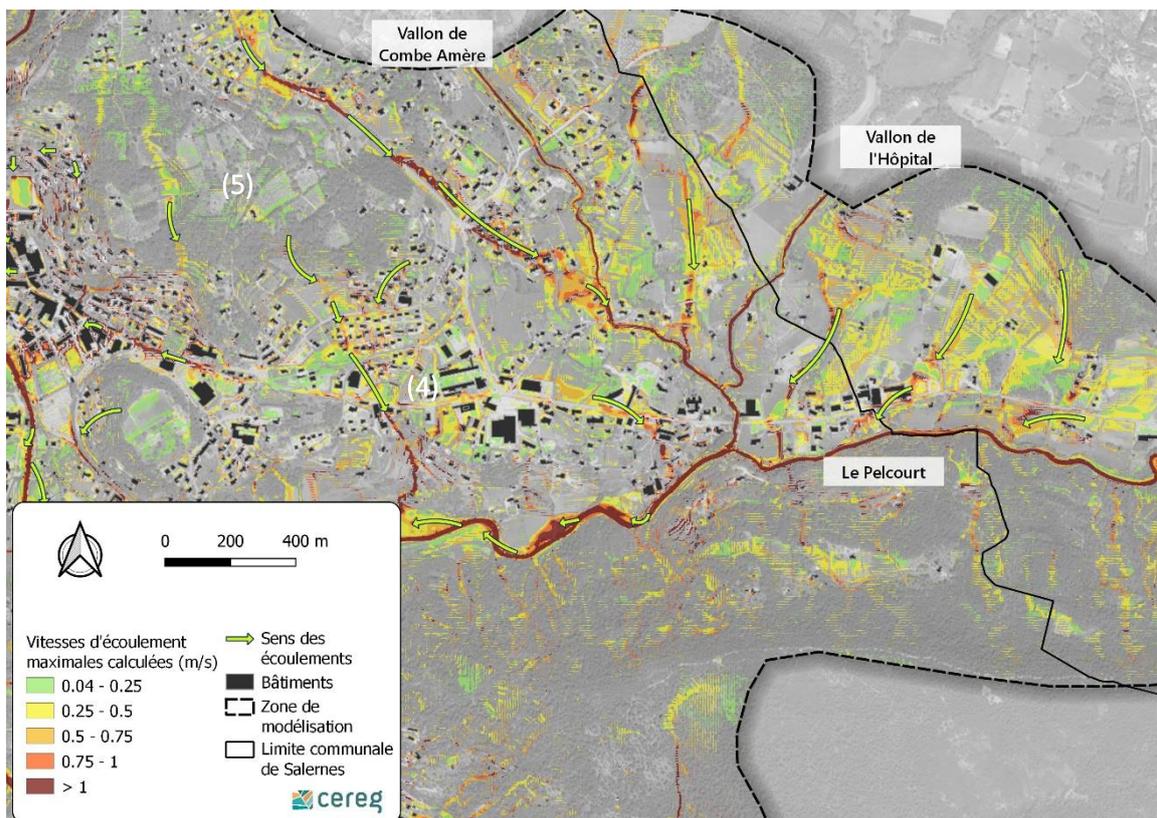


Illustration 49 : Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du Pelcourt - Crue quinquennale

Enfin, sur le secteur du Lidl et de la zone d'activités en limite est de la commune, dès 5 ans, des hauteurs d'eau comprises entre 20 et 50 cm sont observées à proximité des bâtiments (4). Sur ce secteur les vitesses maximales d'écoulement associées sont généralement de 0.5 à 1 m/s. À cet endroit de nombreux bâtiments sont alors exposés aux ruissellements provenant du relief sur lequel est positionné le centre-ville de Salernes (5).

B.II.3.1.3. Secteur du Gaudran

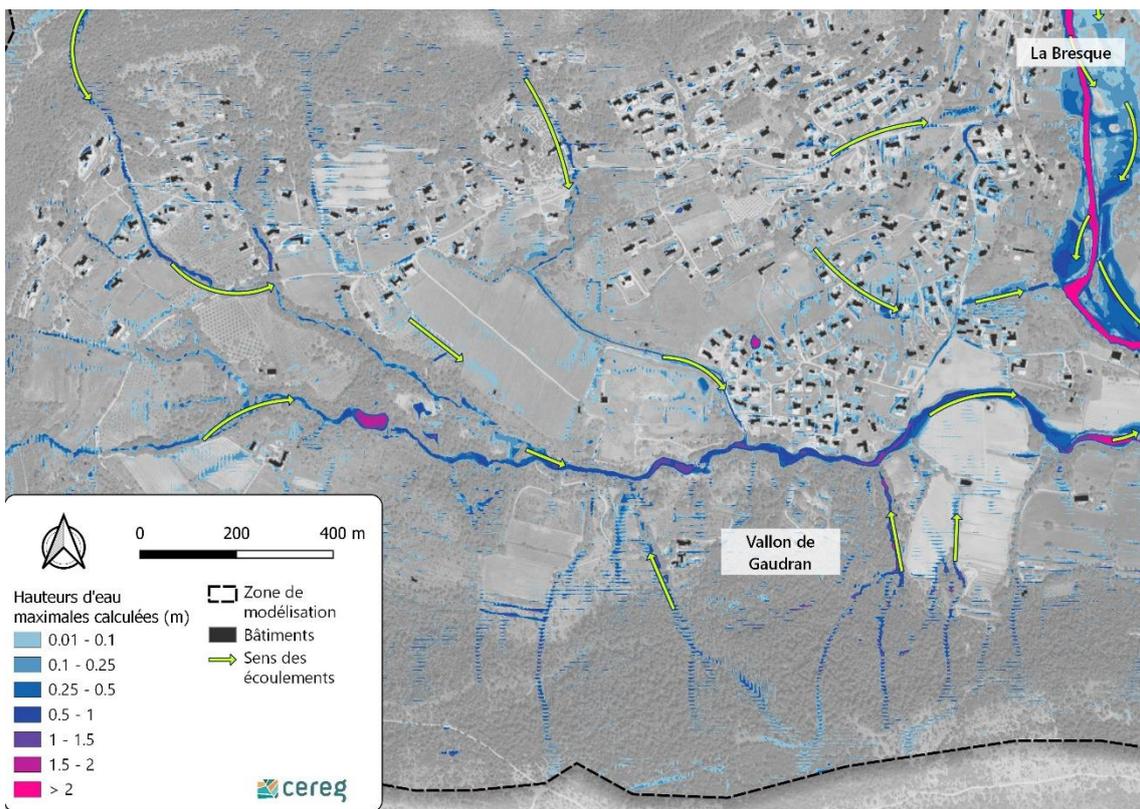


Illustration 50 : Hauteur d'eau maximales calculées sur le secteur du Pelcourt - Crue quinquennale

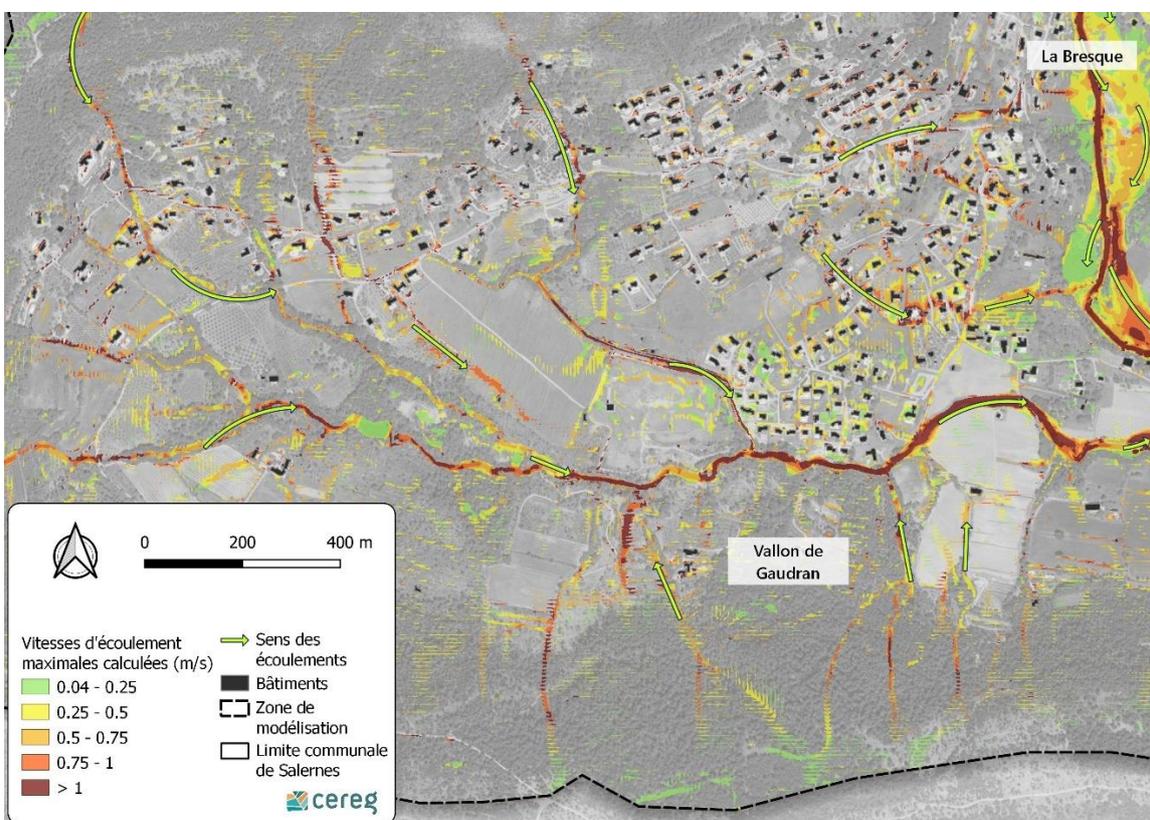


Illustration 51 : Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du Pelcourt - Crue quinquennale

Sur ce secteur où presque uniquement, le ruissellement cause des désordres, peu de différences sont observées entre la crue de calage de 2019 et la crue de projet quinquennale. Les hauteurs d'eau ainsi que les vitesses sont presque identiques.

Les secteurs principalement exposés sont le quartier Saint-Michel, le quartier des Grangues ainsi que le quartier du Gaudran. La définition des niveaux d'aléa, traitée ultérieurement dans l'étude (cf. C.I.2) permettra de qualifier l'exposition de ces secteurs.

B.II.3.1.4. Secteur du Plan et confluences

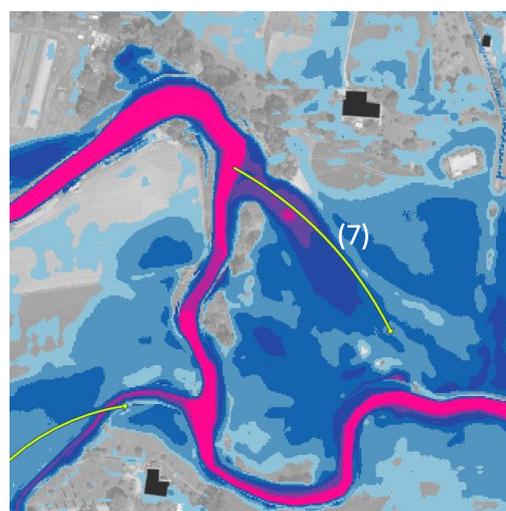
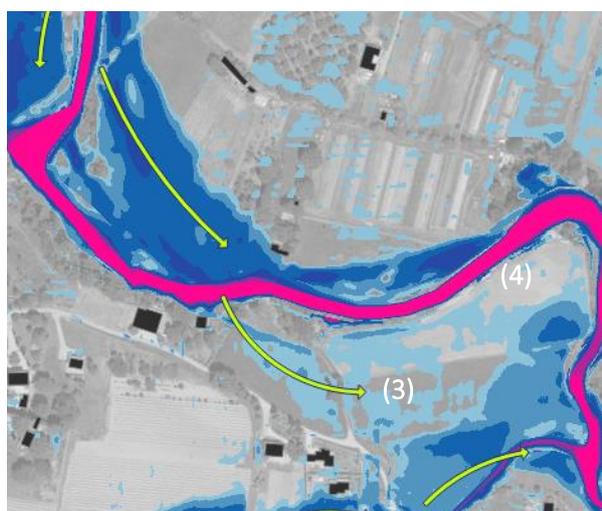
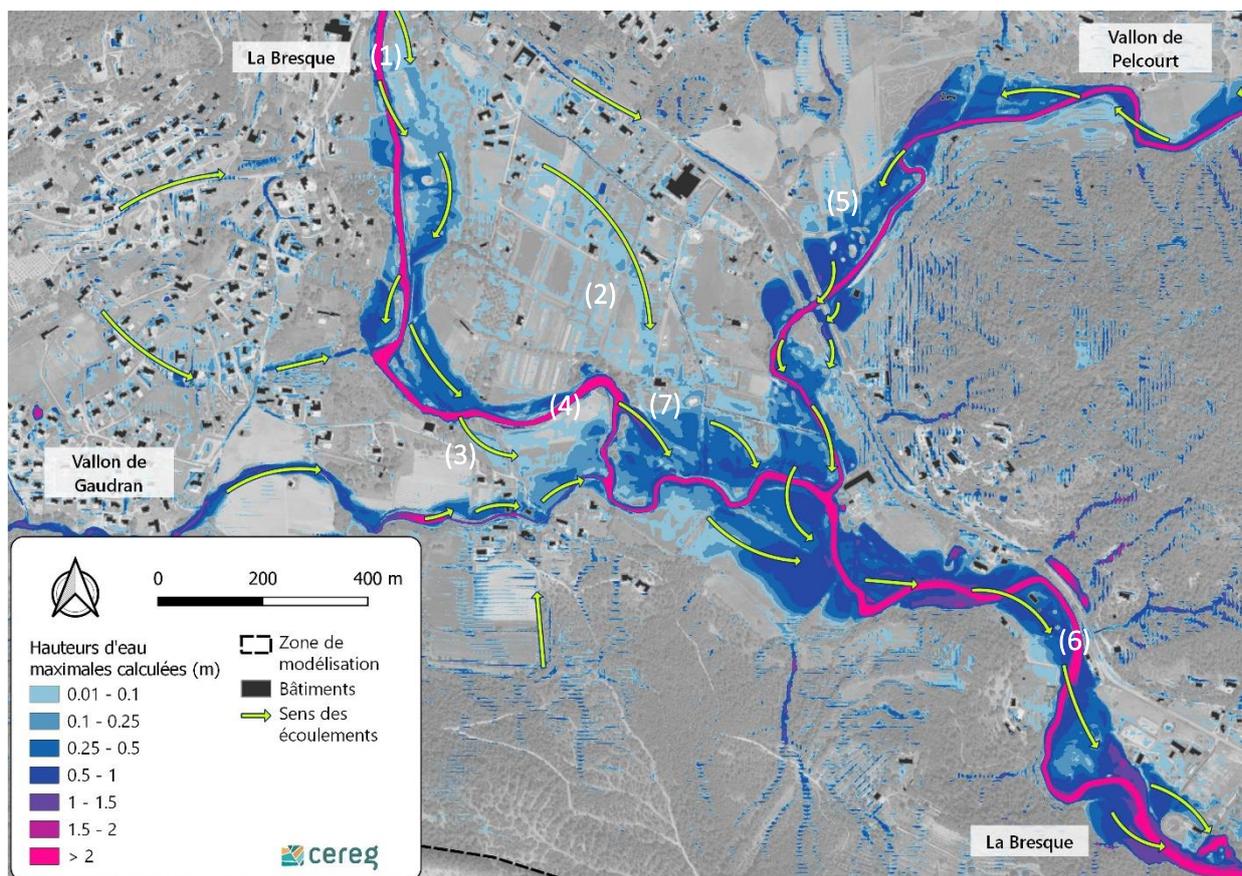


Illustration 52 : Hauteur d'eau maximales calculées sur le secteur du Plan - Crue quinquennale

Sur ce secteur, l'inondation liée à la crue quinquennale est réduite par rapport à celle modélisée pour la crue de 2019.

Les points de débordements sont toutefois les mêmes avec un premier ayant lieu en aval du franchissement de la Bresque par la route des Quatre chemins (1). À cet endroit, le débordement en rive gauche a lieu dès que le débit dans la Bresque excède les 60 m³/s. Les eaux se répandent ensuite dans le lit majeur avec des hauteurs généralement inférieures à 50 cm.

Sur le secteur du Plan, un peu plus en hauteur, l'axe de ruissellement identifié précédemment est bien marqué dès cet épisode d'occurrence 5 ans (2). Les hauteurs d'eau sont comprises entre 5 et 15 cm et s'écoulent en direction de la Bresque.

Les débordements successifs ayant lieu plus en aval sur la Bresque sont à l'origine de bras d'écoulement secondaires (3) parfois déconnectés du lit mineur, en raison de remblai notamment (4).

Sur le secteur du Pelcourt (5), les débordements observés pour 2019, même s'ils sont réduits, ont aussi lieu pour cette crue quinquennale. Les remblais routiers conduisent à un blocage des eaux inondant la partie amont. Les premiers débordements sur le Pelcourt entre le point de confluence avec le vallon de la Combe Amère et les deux remblais routiers ont lieu dès lors que le débit excède les 20 m³/s.

Plus en aval, en direction de la station d'épuration (6), le lit majeur est rapidement sollicité. Les hauteurs d'eau calculées pour cette occurrence 5 ans sont jusqu'à 50% inférieures aux hauteurs modélisées pour la crue de 2019. Les premiers points de débordement en aval de la confluence avec le Pelcourt apparaissent au passage d'un débit de 30 m³/s environ. À cet endroit, la capacité du lit mineur du cours d'eau est réduite par rapport à l'amont.

Enfin, le tout premier point de débordement modélisé sur la Bresque a lieu sur le secteur du Plan au passage d'un méandre important faisant un angle supérieur à 90° au point (7). En sortie de ce méandre, la berge en rive gauche, particulièrement basse à cet endroit laisse les eaux couper le méandre. Ce point de débordement a lieu très tôt, dès que le débit excède 5 m³/s dans le lit mineur de la Bresque. Ce fonctionnement ne constitue pas un désordre du point de vue de la gestion des inondations. Il s'agit d'un bras secondaire accompagnant le lit principal sollicité régulièrement lors de la montée des eaux.

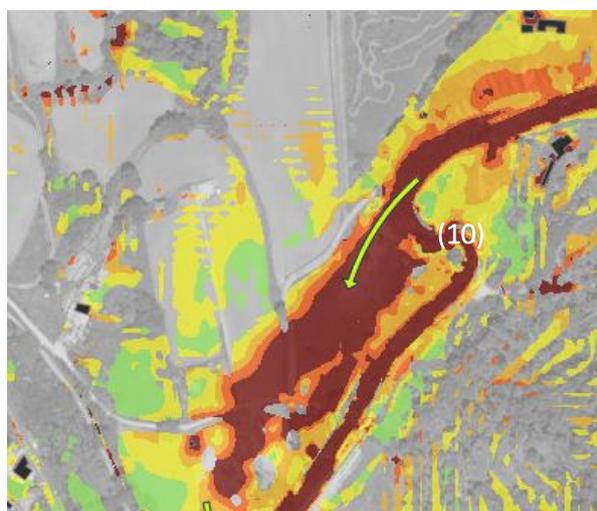
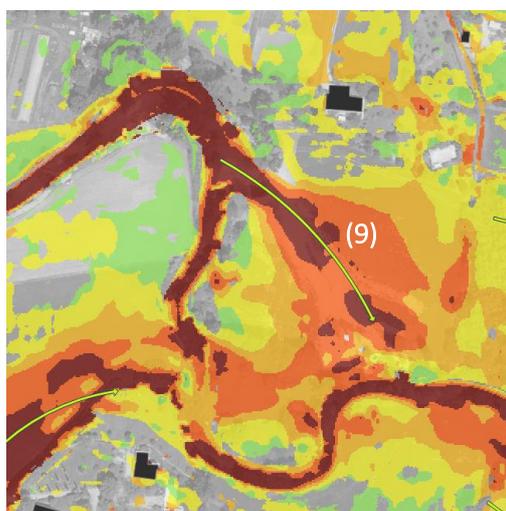
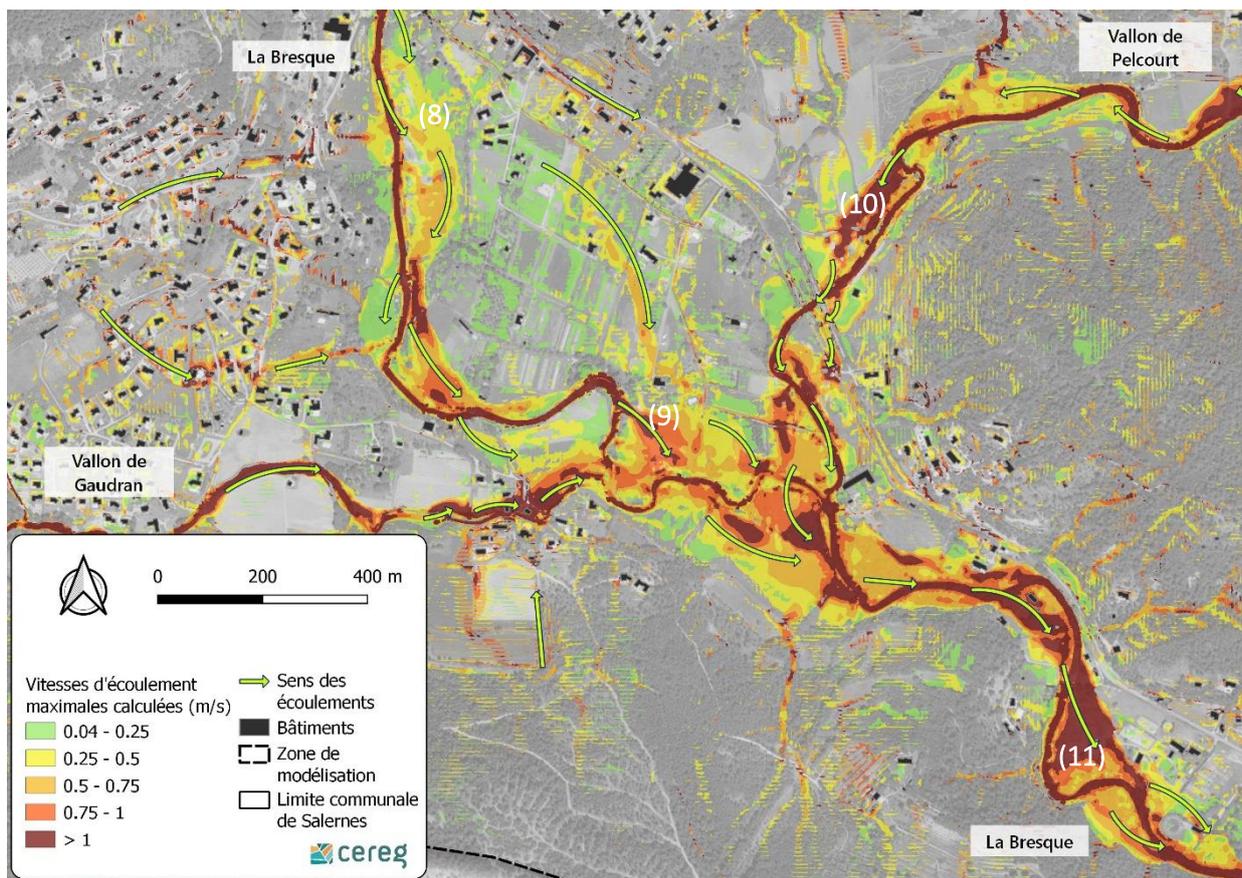


Illustration 53 : Vitesses d'écoulement maximales calculées sur le secteur du Plan - Crue quinquennale

- (8) Au point de débordement à l'entrée de la zone du Plan, les vitesses d'écoulement sont globalement faibles puisque inférieures à 0,4 m/s ;
- (9) Au premier point de débordement de la Bresque identifié précédemment, les vitesses sont beaucoup plus importantes en raison d'une contraction de la section d'écoulement à cet endroit. Les vitesses atteignent jusqu'à 1,7 m/s tandis qu'elles sont plutôt proches de 1,2 m/s dans le lit mineur de la Bresque à cet endroit ;
- (10) Sur le secteur du Pelcourt, le point de débordement à l'avant dernier méandre avant le franchissement des remblais routiers est à l'origine de vitesses d'écoulement dépassant les 1,5 m/s. Comme pour la crue de 2019, ces vitesses réduisent progressivement à l'approche de la zone de stockage formée par les remblais ;
- (11) À l'approche de la station d'épuration, là où le lit mineur présente une réduction de capacité par rapport à l'amont, les débordements se font avec des vitesses maximales modélisées proches de 1,8 m/s.

B.II.3.2. Crue décennale

Pour rappel, les données de pluie utilisées pour cette crue décennale sont les suivantes.

Occurrence de la pluie	Cumul total (24h) (mm)	Cumul (12h) (mm)	Cumul (6h) (mm)	Pic intense 1h (mm)	Pic intense 6min (mm)
10	130.7	107.4	88.0	45.9	14.5

Tableau 27 : Synthèse de la pluie de projet décennale utilisée

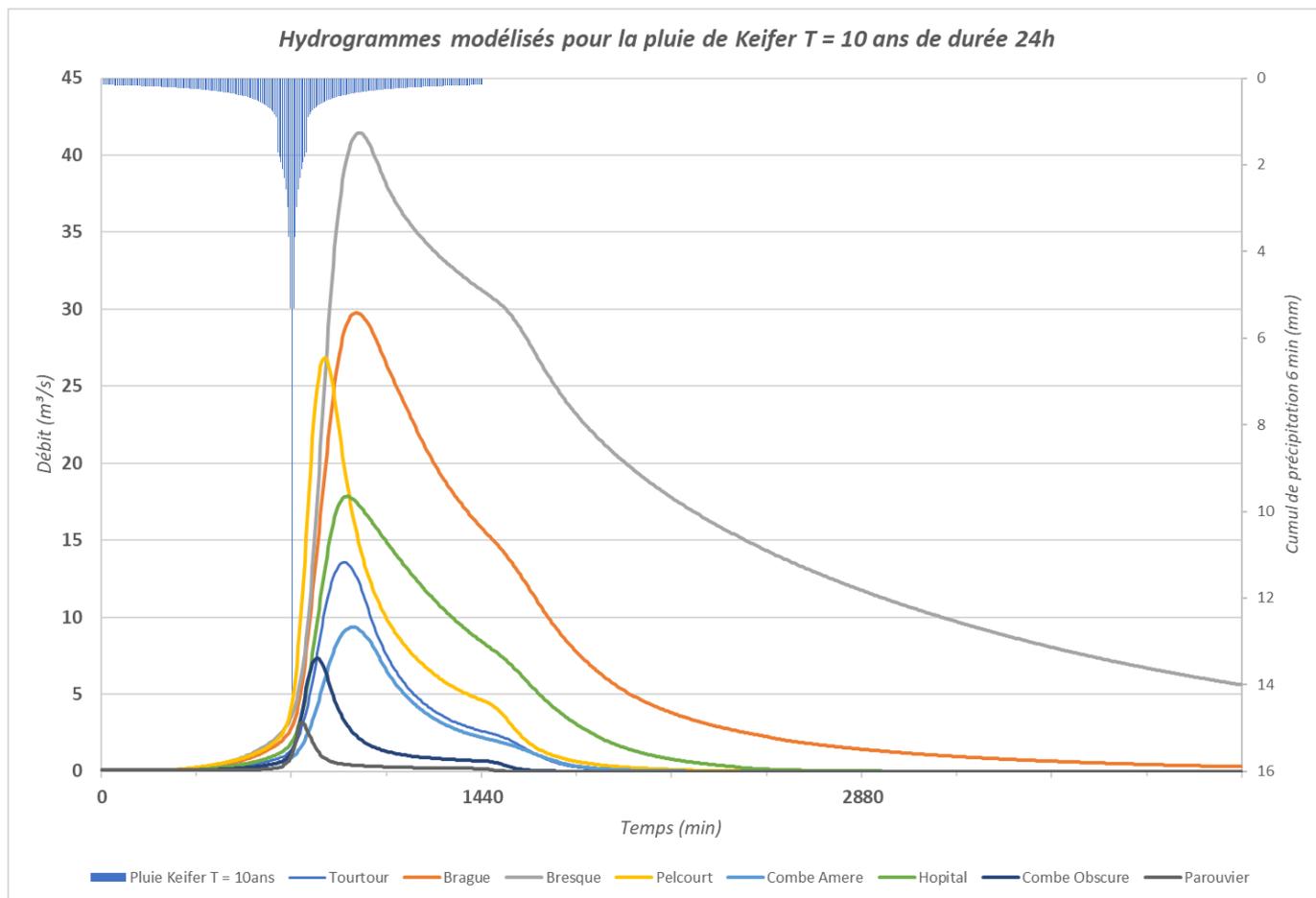


Illustration 54 : Hydrogrammes et hyétogramme modélisés pour la crue décennale

B.II.3.2.1. Secteur du centre-ville

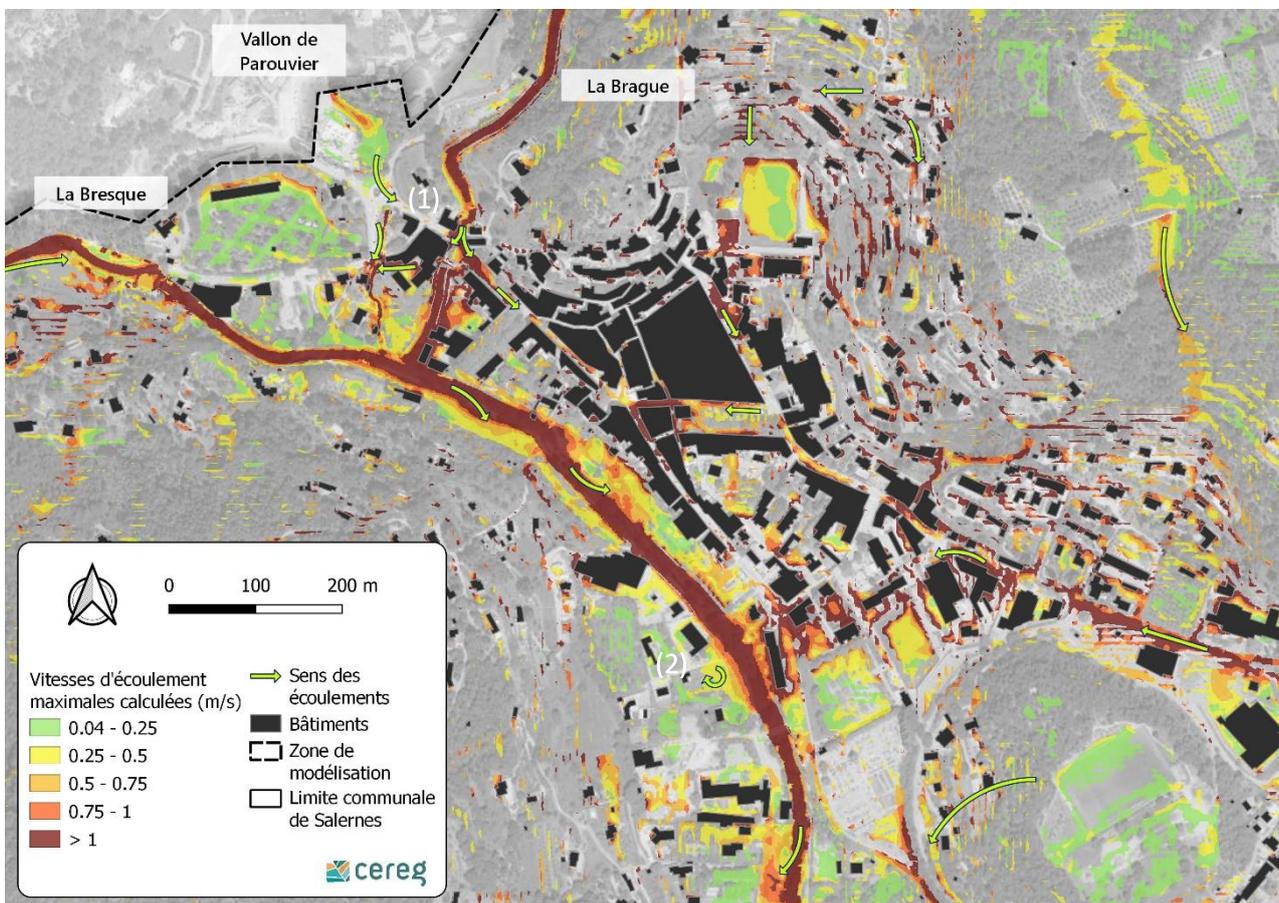
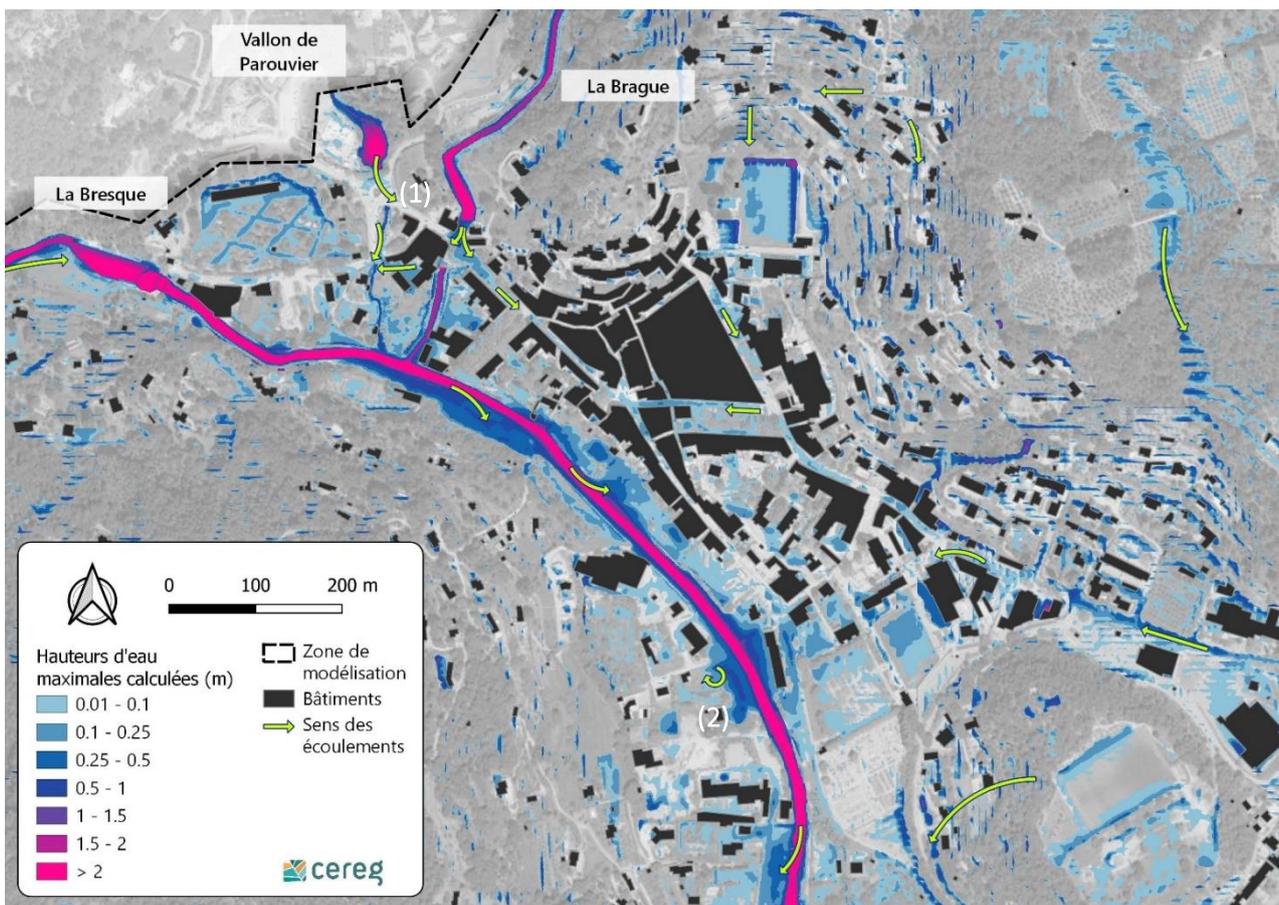


Illustration 55 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du centre-ville - Crue décennale

Les résultats obtenus sur ce secteur pour la crue décennale mettent en évidence, quelques différences par rapport à la crue quinquennale.

- (1) Le point de débordement du vallon de la Brague du fait du manque de capacité de la buse permettant le franchissement de voirie est plus marqué. Les hauteurs d'eau peuvent atteindre une quarantaine de centimètres avec des vitesses proches de 2 m/s à la surverse. Pour rappel, à cet endroit le débordement peut être surestimé par rapport à la réalité du terrain où des obstacles bloquent le débordement du vallon. Ce point de débordement reste toutefois franc et cohérent avec la topographie du secteur.
- (2) Les quelques débordements en amont du remblai de la route des Quatre chemins s'accroissent fortement, un stockage des eaux commence à s'effectuer en lit majeur sur les deux rives. D'une manière générale, les débordements de la Bresque, alors ponctuels dans la traversée du centre-ville de Salernes pour l'occurrence 5 ans, se généralisent pour cette occurrence 10 ans.

B.II.3.2.2. Secteur du Pelcourt

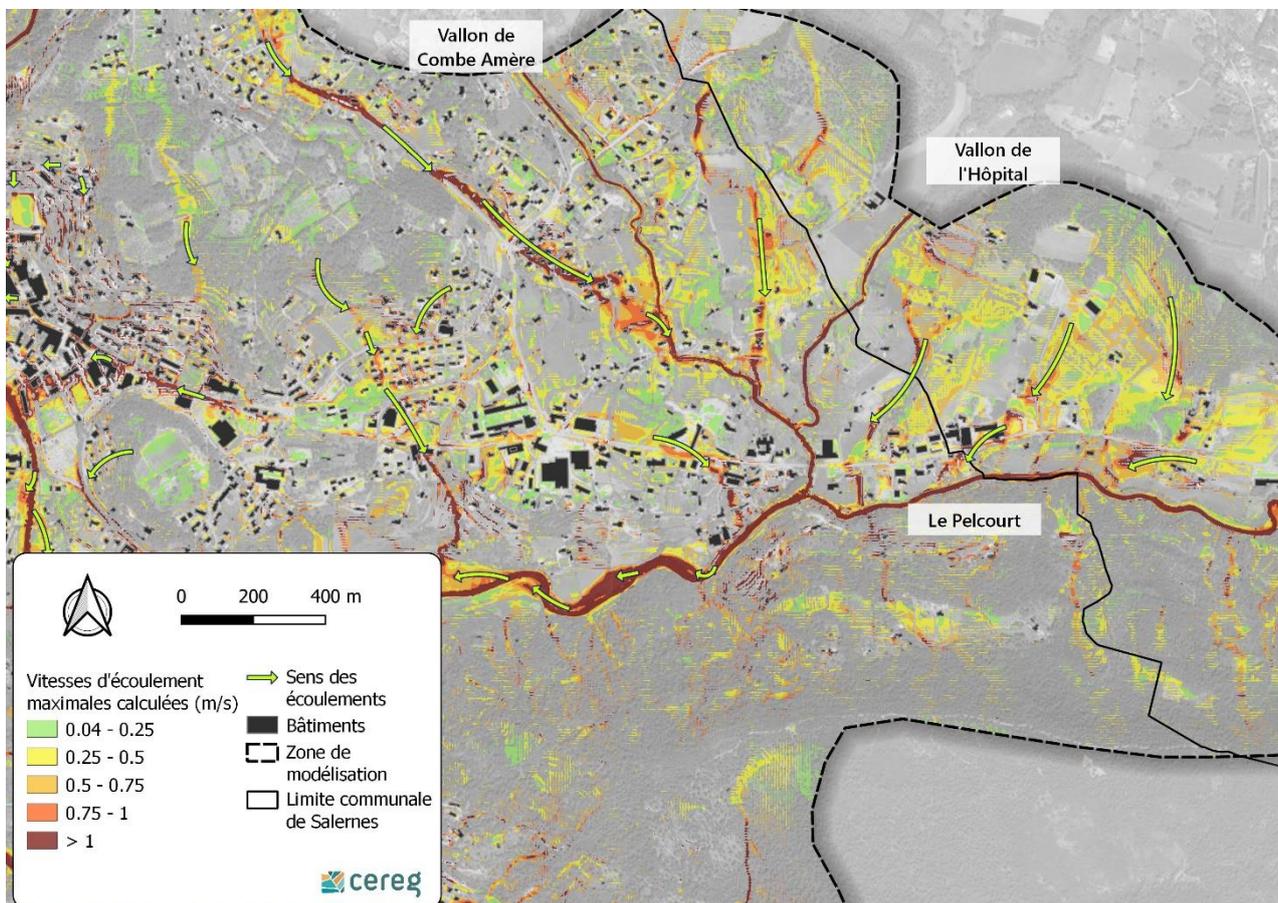
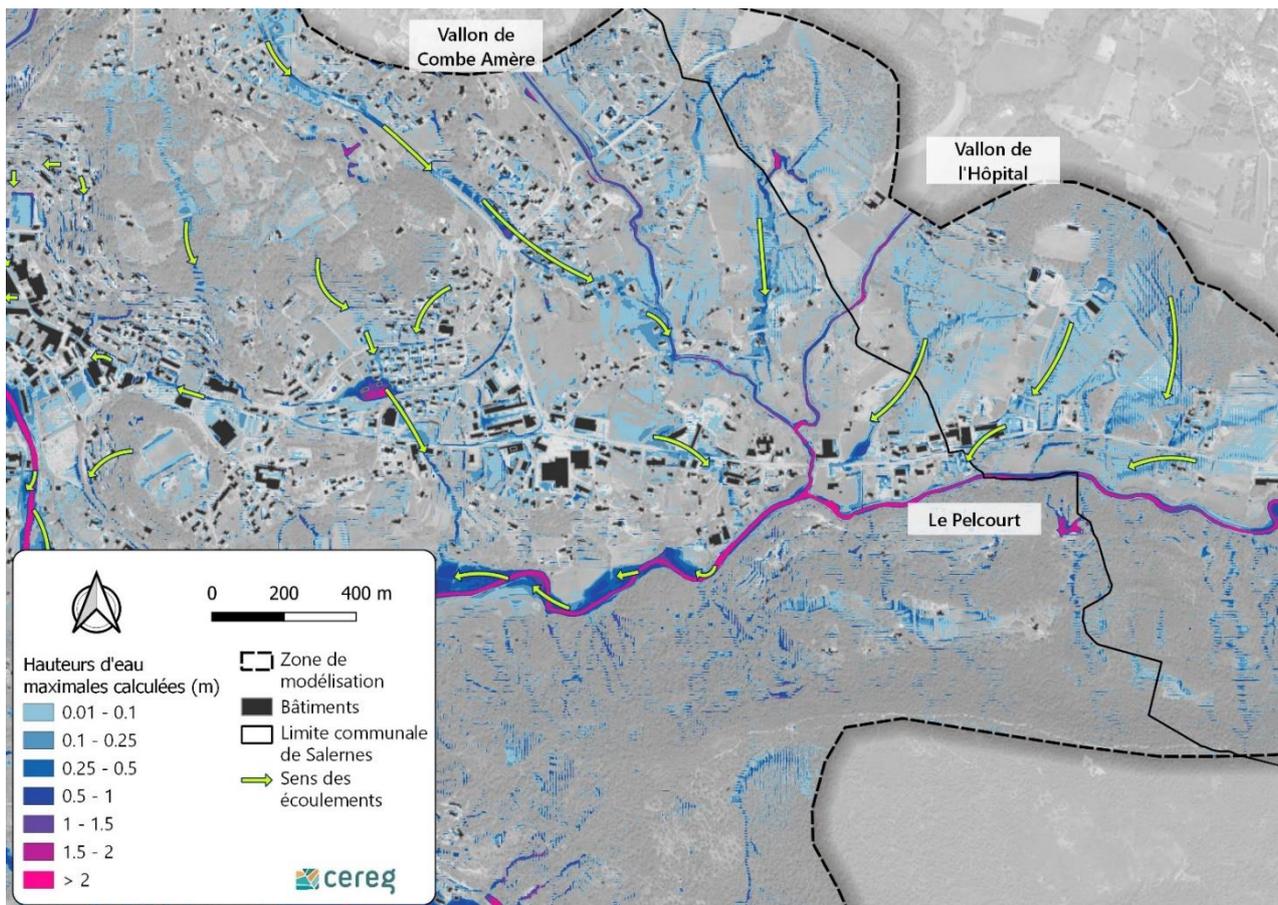


Illustration 56 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur Pelcourt - Crue décennale

B.II.3.2.3. Secteur du Gaudran

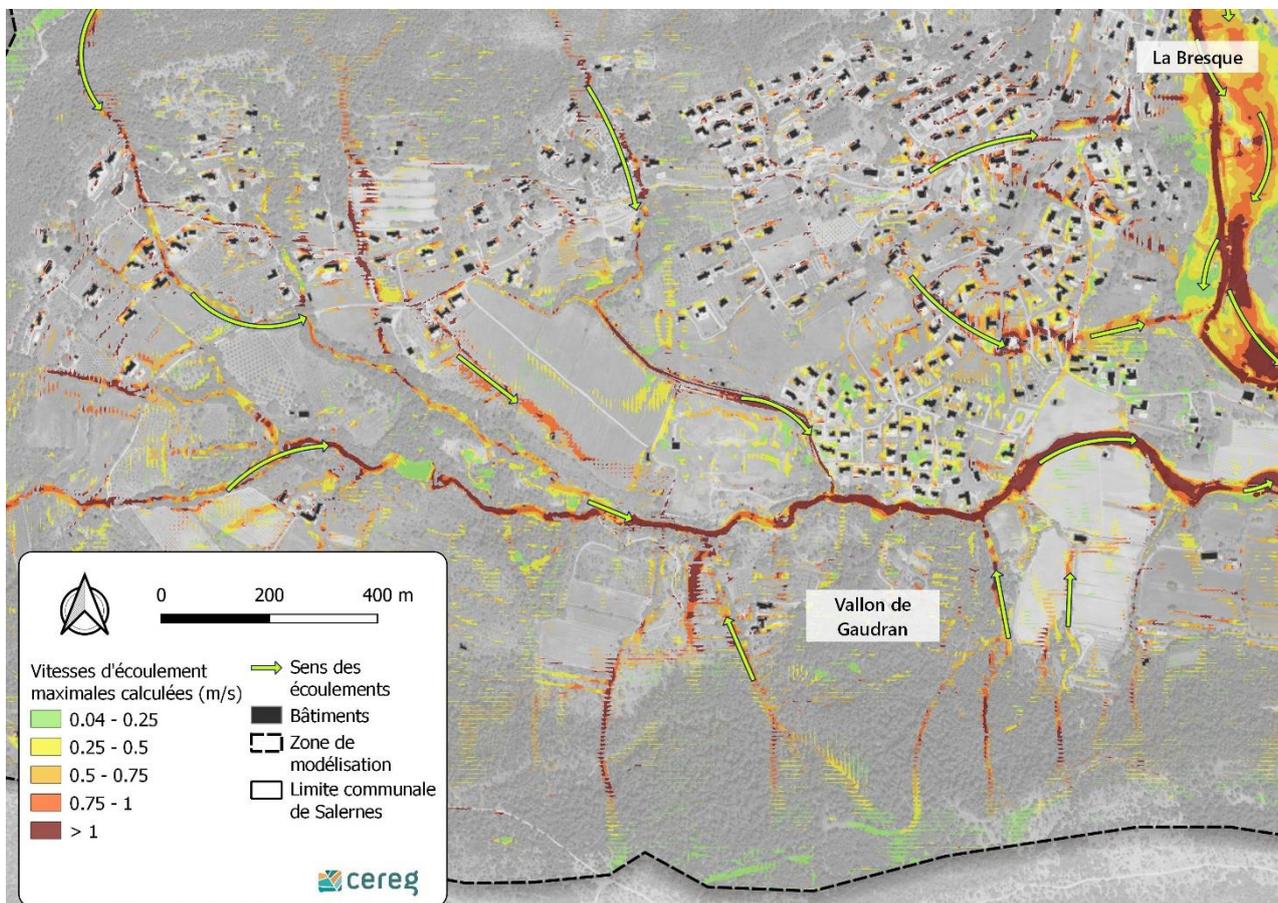
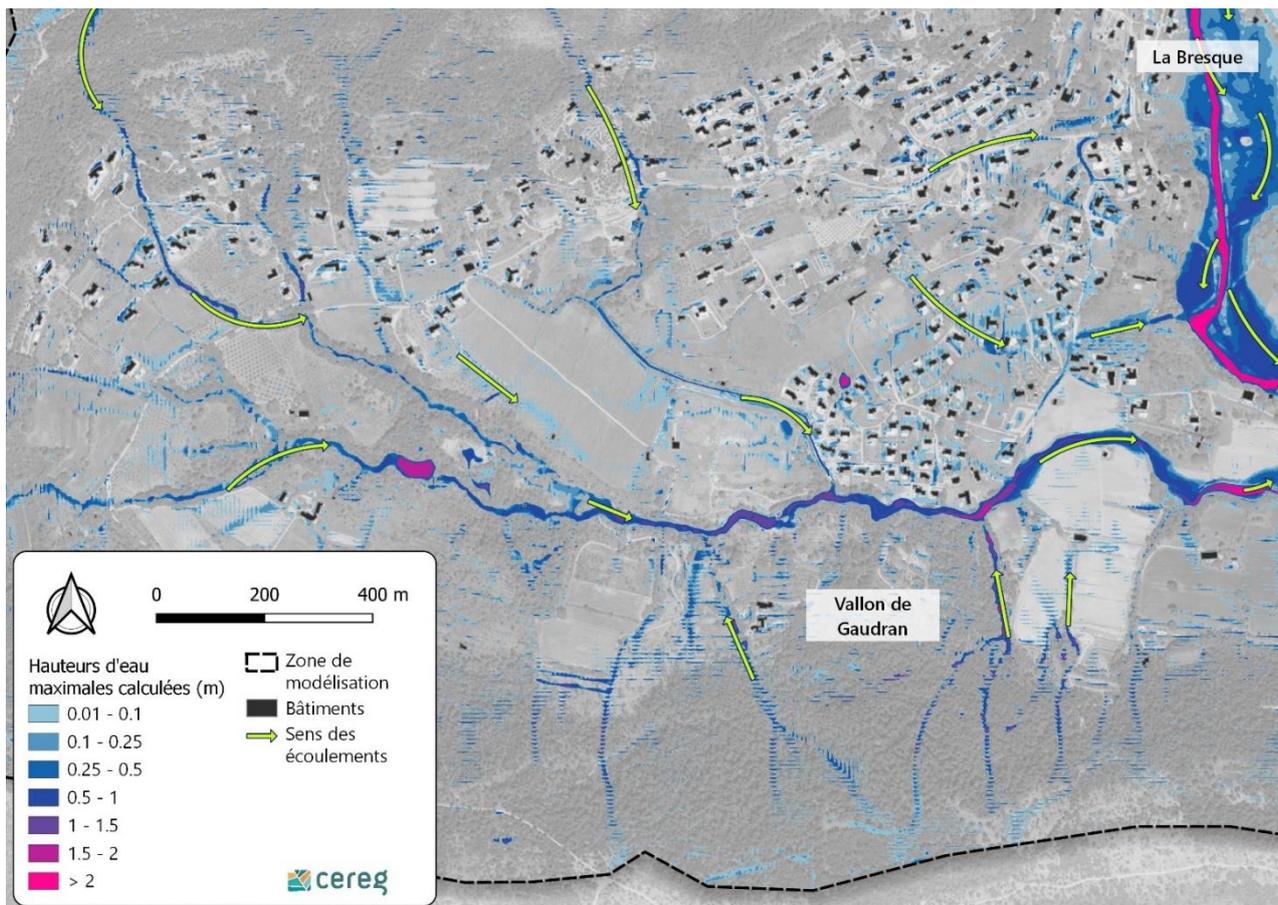


Illustration 57 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Gaudran - Crue décennale

B.II.3.2.4. Secteur du Plan et confluences

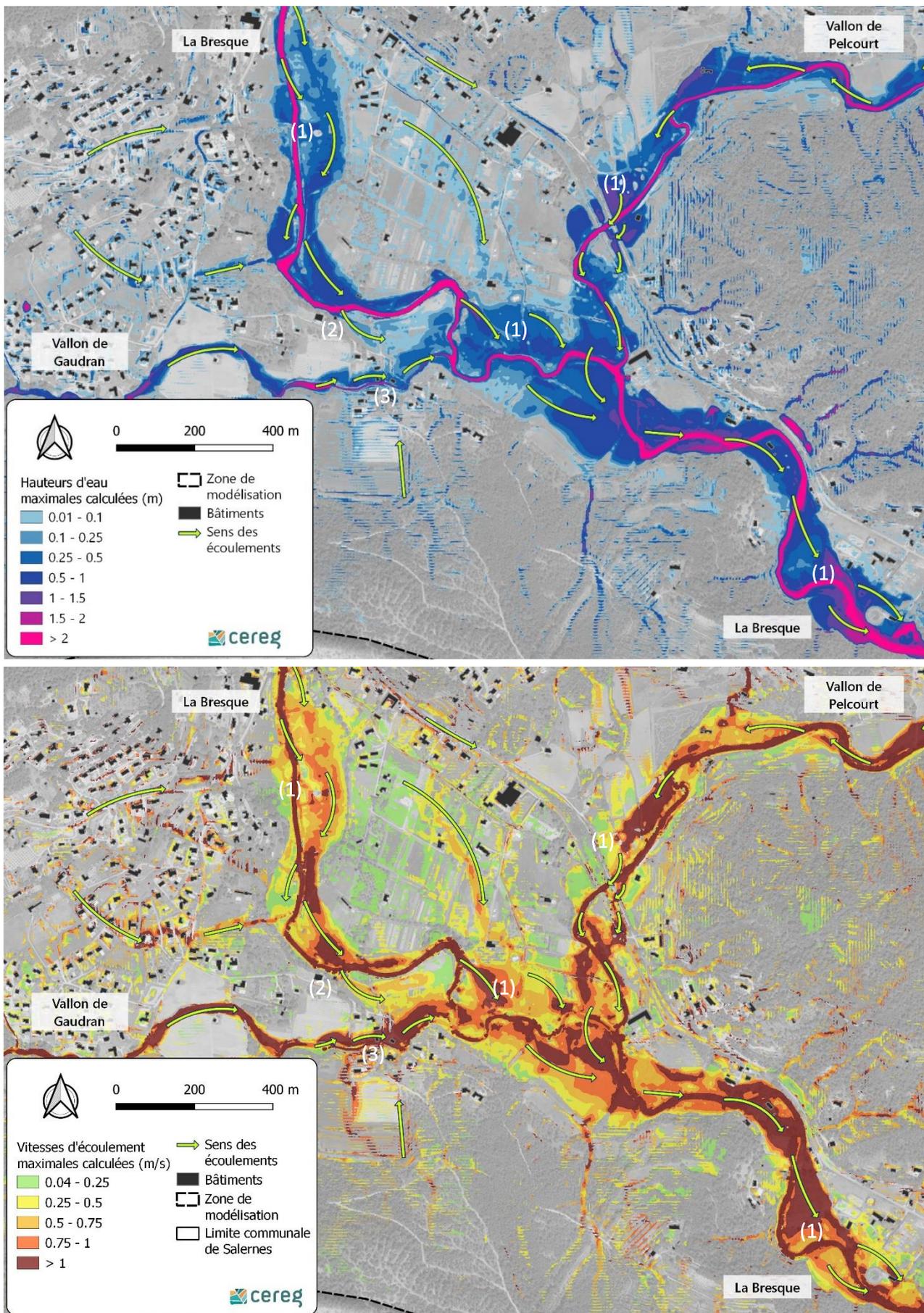


Illustration 58 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Plan - Crue décennale

Les résultats obtenus sur ce secteur pour la crue décennale mettent en évidence, quelques différences par rapport à la crue quinquennale.

- (1) Augmentation significative des hauteurs d'eau dans la plaine d'inondation. Les hauteurs d'eau sont par endroits 1,5 à 2 fois plus importantes malgré une emprise de crue presque inchangée ;
- (2) Ce point de débordement en rive droite conduisant à la coupure du méandre est plus mobilisé que pour la crue quinquennale avec une augmentation importante des hauteurs d'eau dans les champs en aval ;
- (3) L'inondation des habitations en partie aval du Gaudran est aggravée avec une augmentation de 10 cm d'eau de manière générale et des hauteurs pouvant atteindre 50 cm localement. Les vitesses d'écoulement sont fortes à cet endroit avec 1,5 à 2 m/s.

B.II.3.3. Crue trentennale

Pour rappel, les données de pluie utilisées pour cette crue quinquennale sont les suivantes.

Occurrence de la pluie	Cumul total (24h) (mm)	Cumul (12h) (mm)	Cumul (6h) (mm)	Pic intense 1h (mm)	Pic intense 6min (mm)
30	166.9	134.9	110.7	58.1	17.0

Tableau 28 : Synthèse de la pluie de projet trentennale utilisée

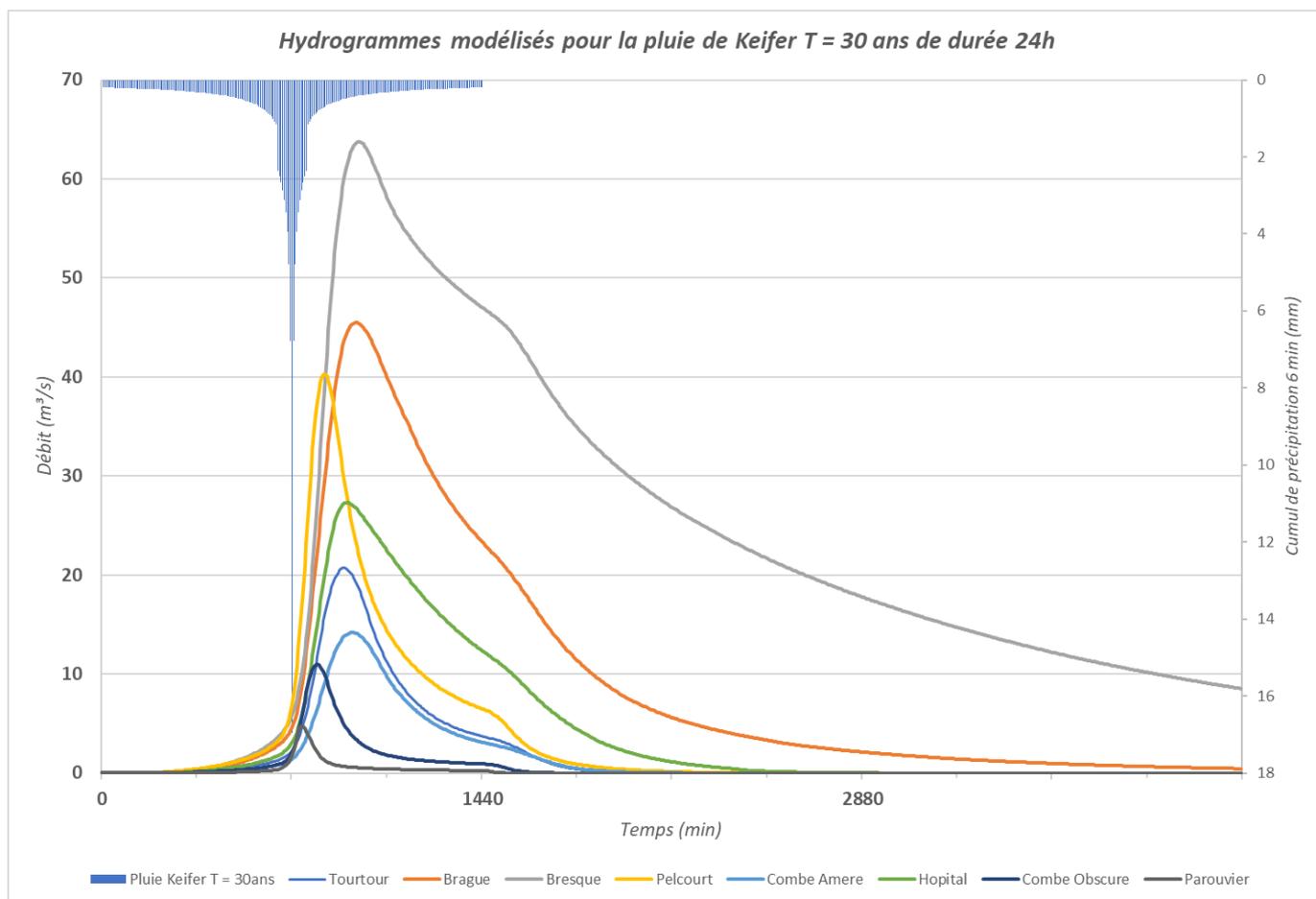


Illustration 59 : Hydrogrammes et hyétogramme modélisés pour la crue trentennale

B.II.3.3.1. Secteur du centre-ville

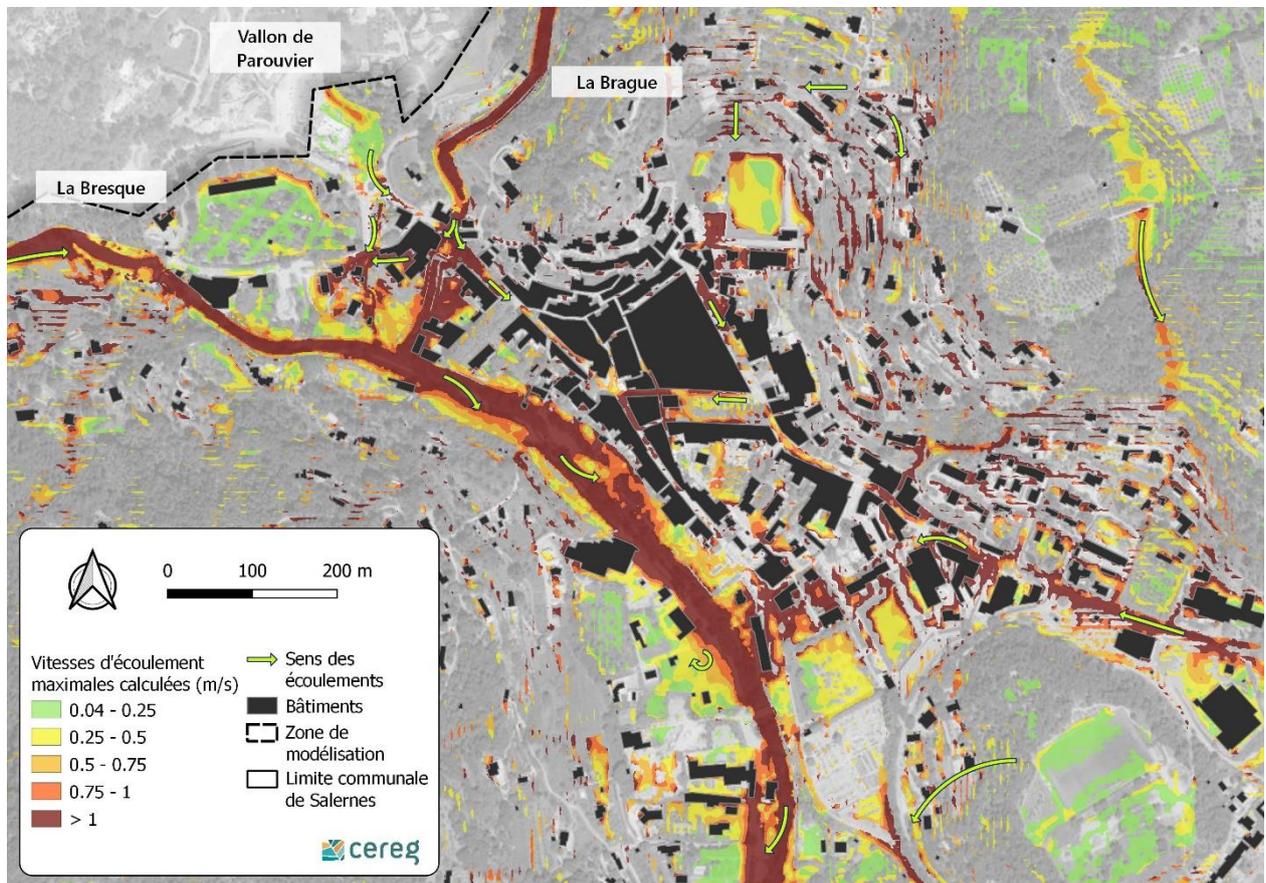
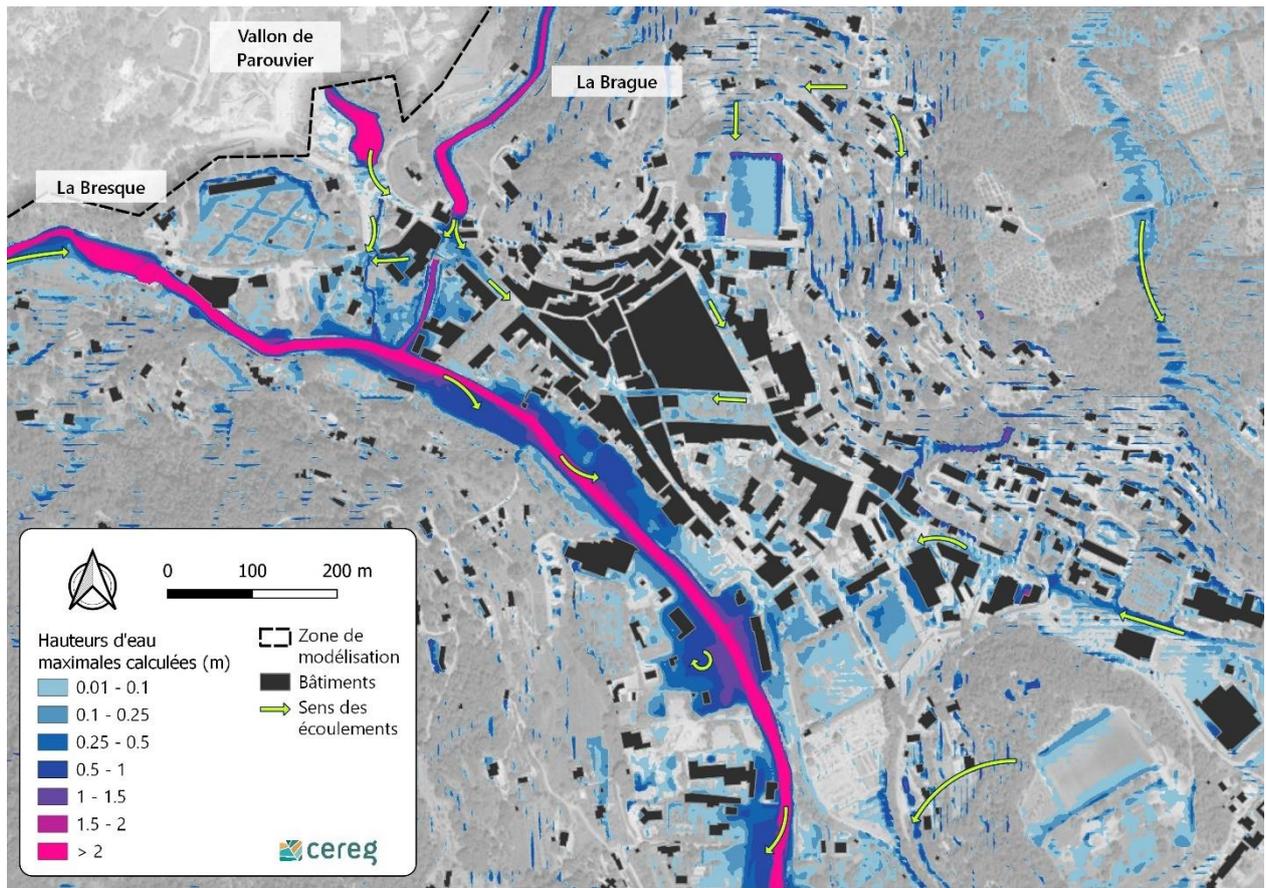


Illustration 60 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du centre-ville - Crue trentennale

Pour cette occurrence, les débordements de la Bresque dans la traversée du centre-ville de Salernes commencent à impacter les quelques bâtiments situés en lit majeur (Biocoop, musée Terra Rossa, entreprises et habitats). Les eaux débordant se stockent et s'accumulent pour atteindre par endroits une profondeur 2 voire 3 fois plus importante que pour la crue décennale.

Sur le reste du secteur l'inondation reste similaire à celle modélisée pour la crue décennale.

B.II.3.3.2. Secteur du Pelcourt

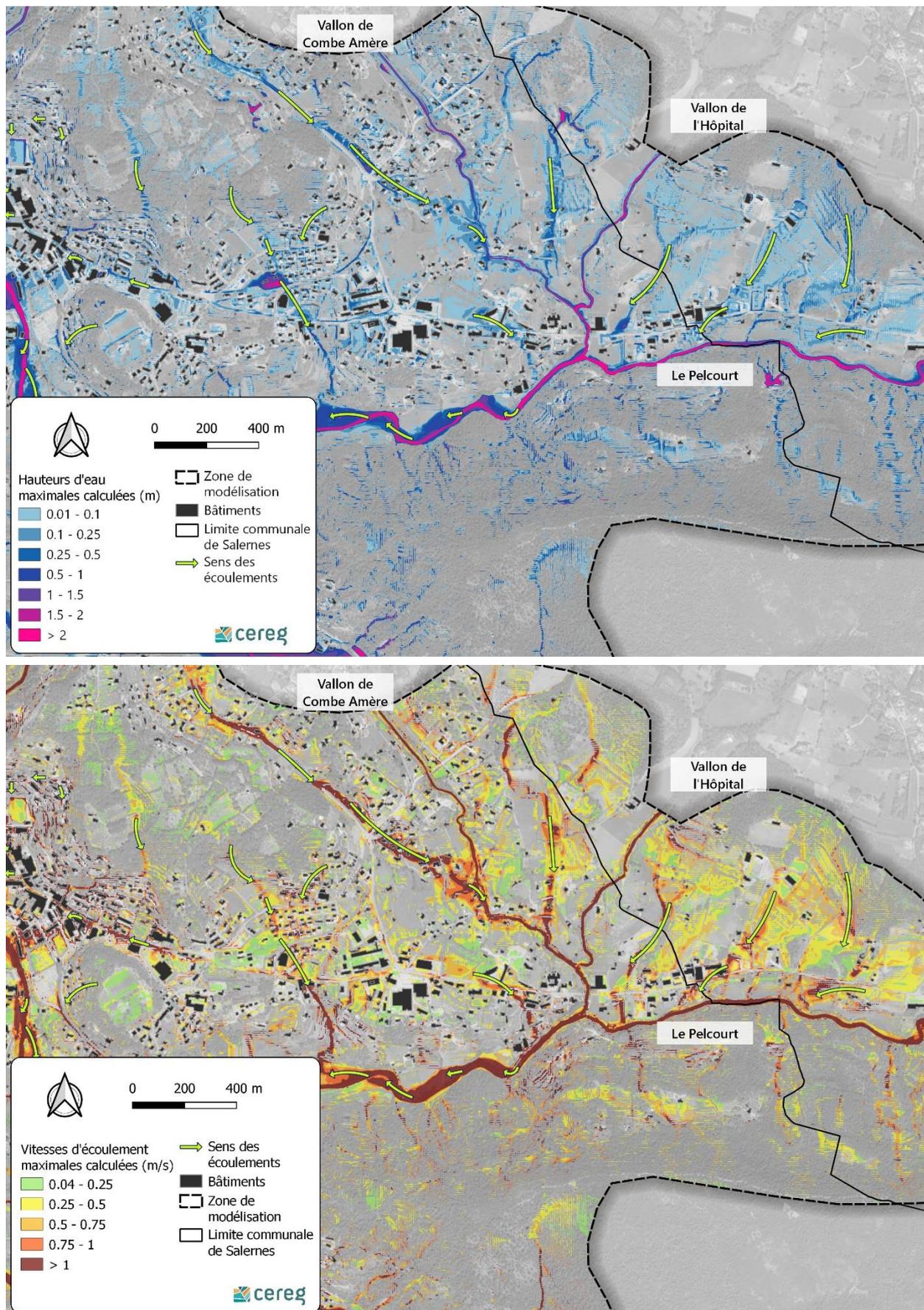


Illustration 61 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur Pelcourt - Crue trentennale

B.II.3.3.3. Secteur du Gaudran

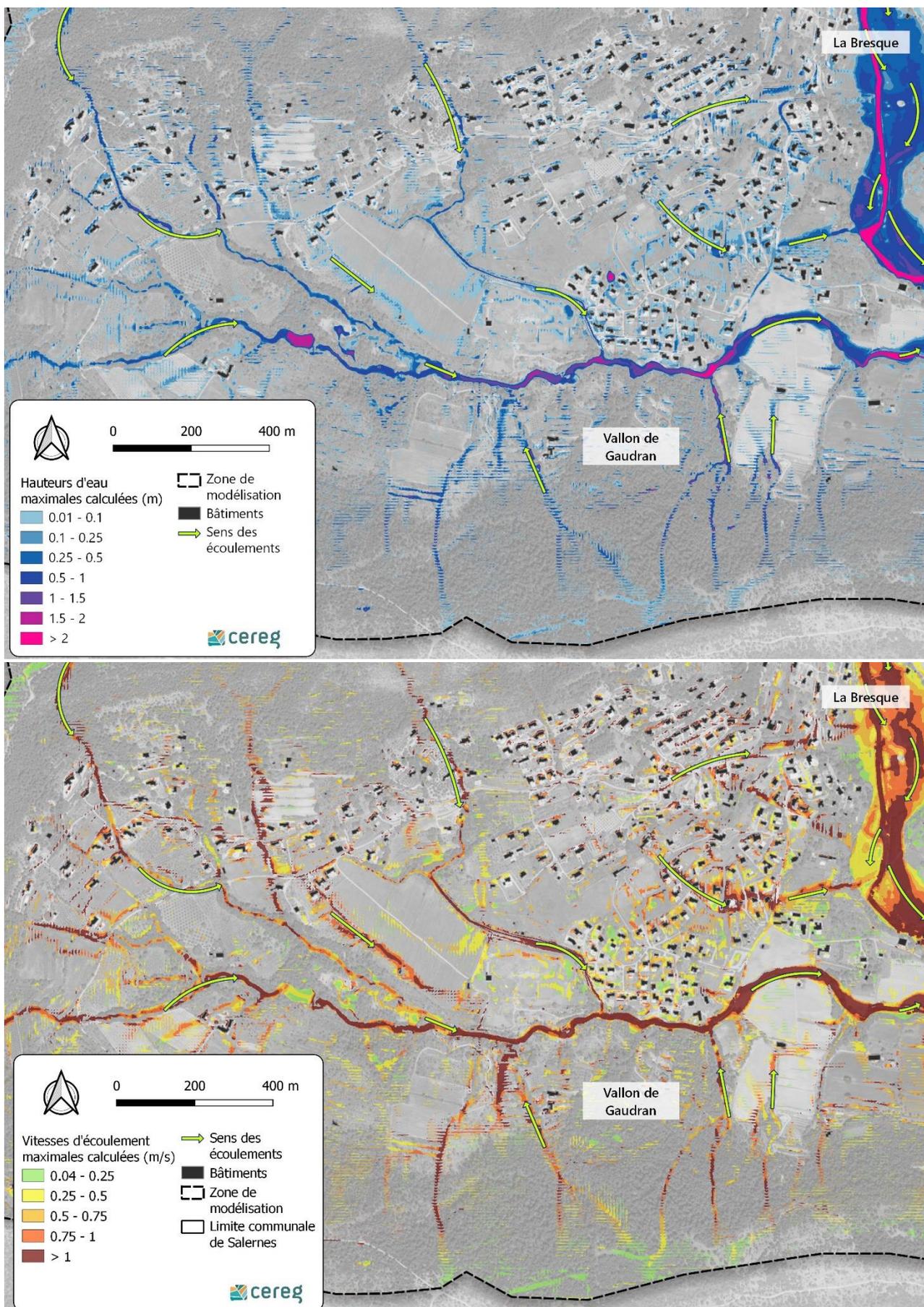


Illustration 62 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Gaudran - Crue trentennale

B.II.3.3.4. Secteur du Plan et confluences

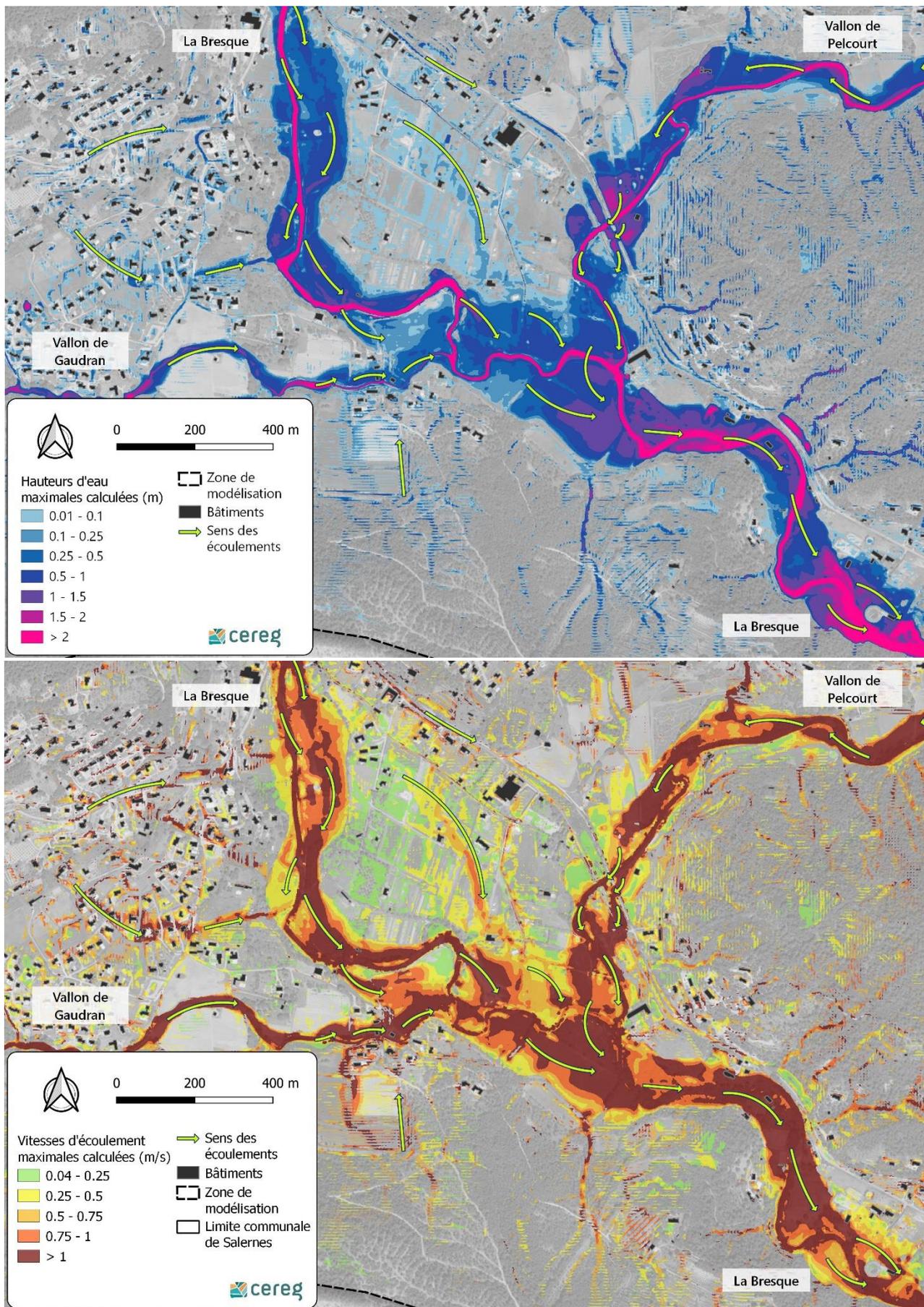


Illustration 63 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Plan - Crue trentennale

Sur le secteur du Plan, les hauteurs d'eau dans la zone inondable sont globalement accentuées de 20 à 40 cm par rapport à la crue décennale. Les vitesses d'écoulement sont aussi influencées avec une augmentation de 0,2 à 0,5 m/s.

B.II.3.4. Crue cinquantiennale

Pour rappel, les données de pluie utilisées pour cette crue quinquennale sont les suivantes.

Occurrence de la pluie	Cumul total (24h) (mm)	Cumul (12h) (mm)	Cumul (6h) (mm)	Pic intense 1h (mm)	Pic intense 6min (mm)
50	184.4	148.2	121.6	63.7	18.0

Tableau 29 : Synthèse de la pluie de projet cinquantiennale utilisée

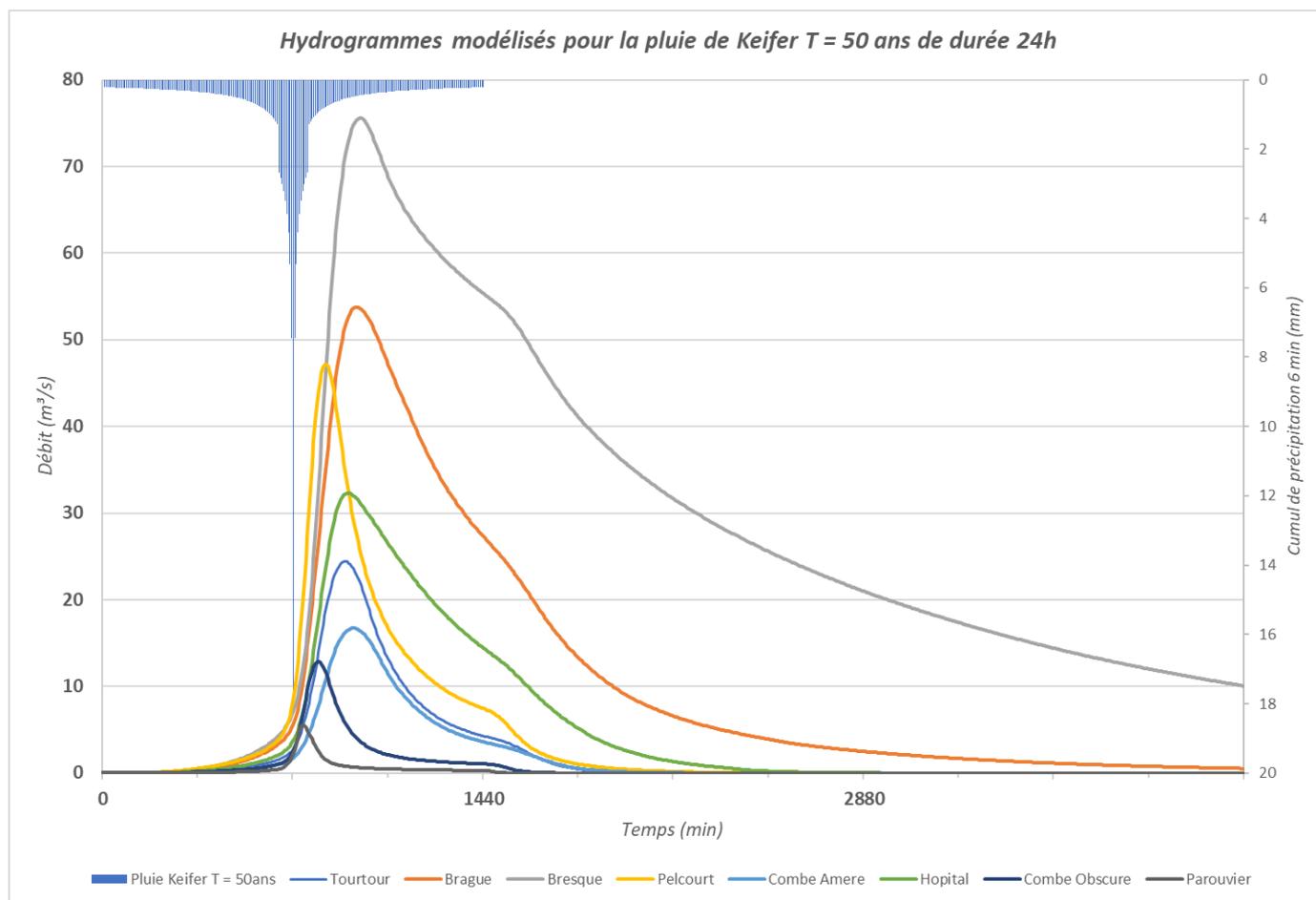


Illustration 64 : Hydrogrammes et hyétogramme modélisés pour la crue cinquantiennale

B.II.3.4.1. Secteur du centre-ville

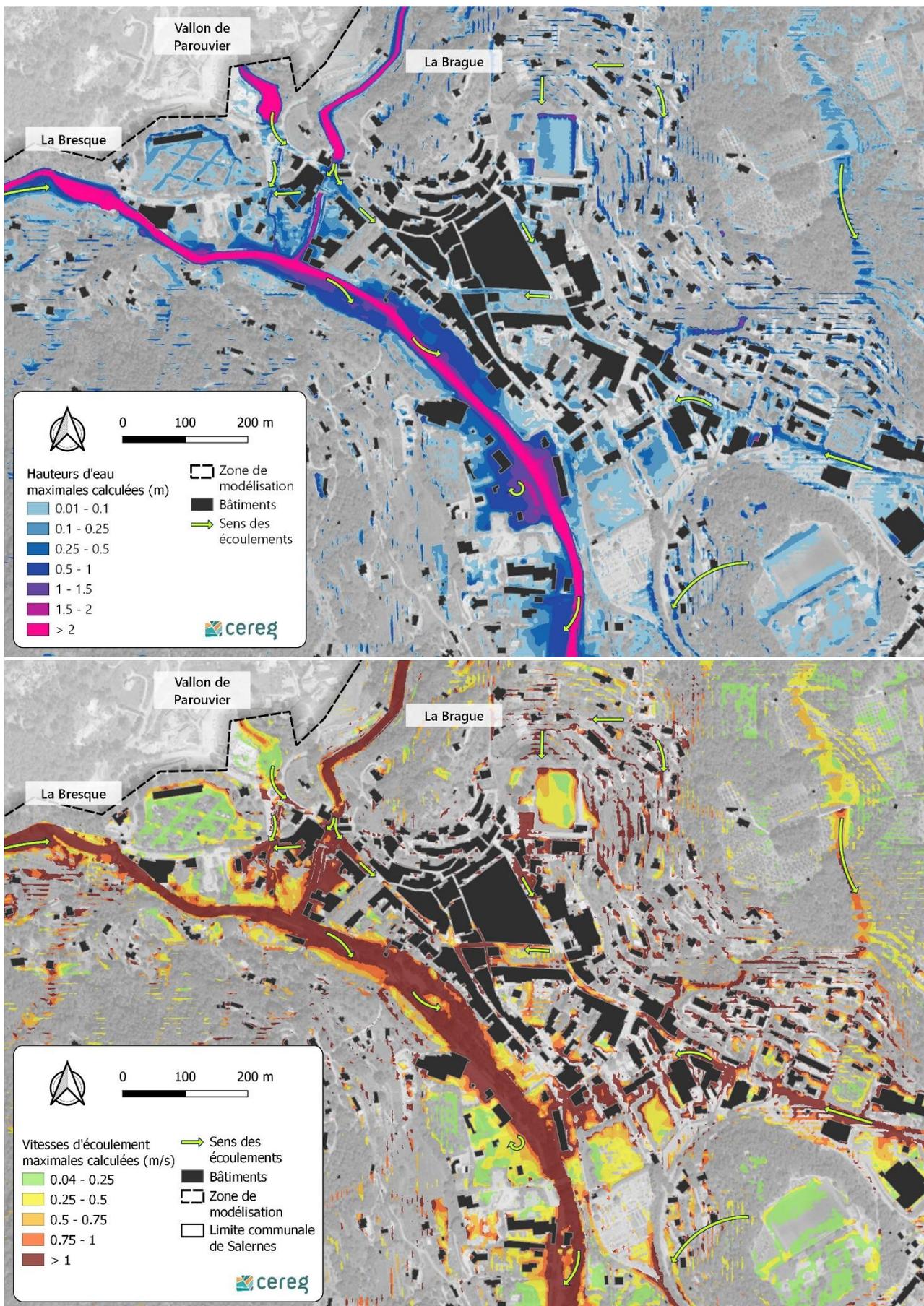


Illustration 65 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du centre-ville - Crue cinquantennale

B.II.3.4.2. Secteur du Pelcourt

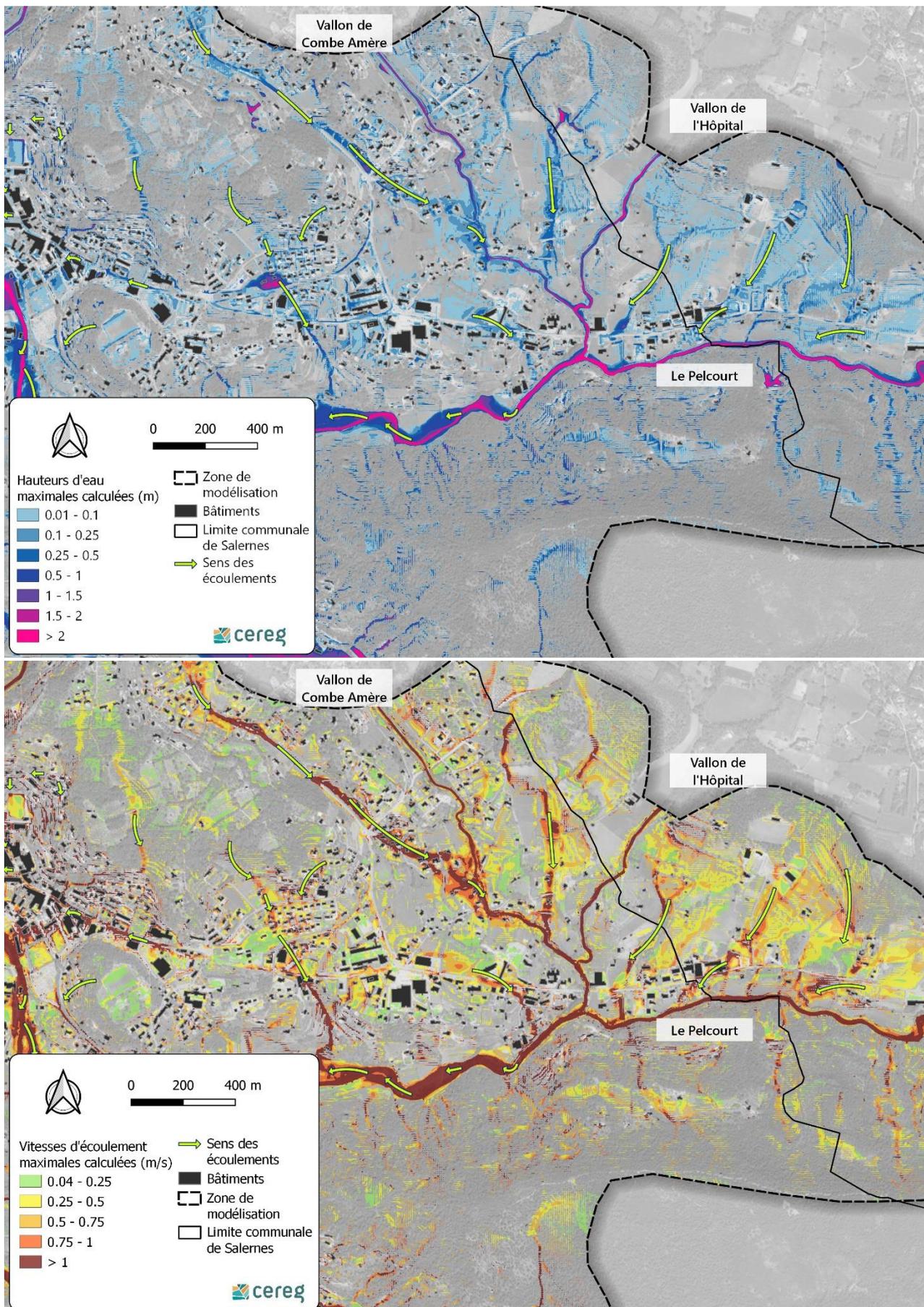


Illustration 66 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur Pelcourt - Crue cinquantennale

B.II.3.4.3. Secteur du Gaudran

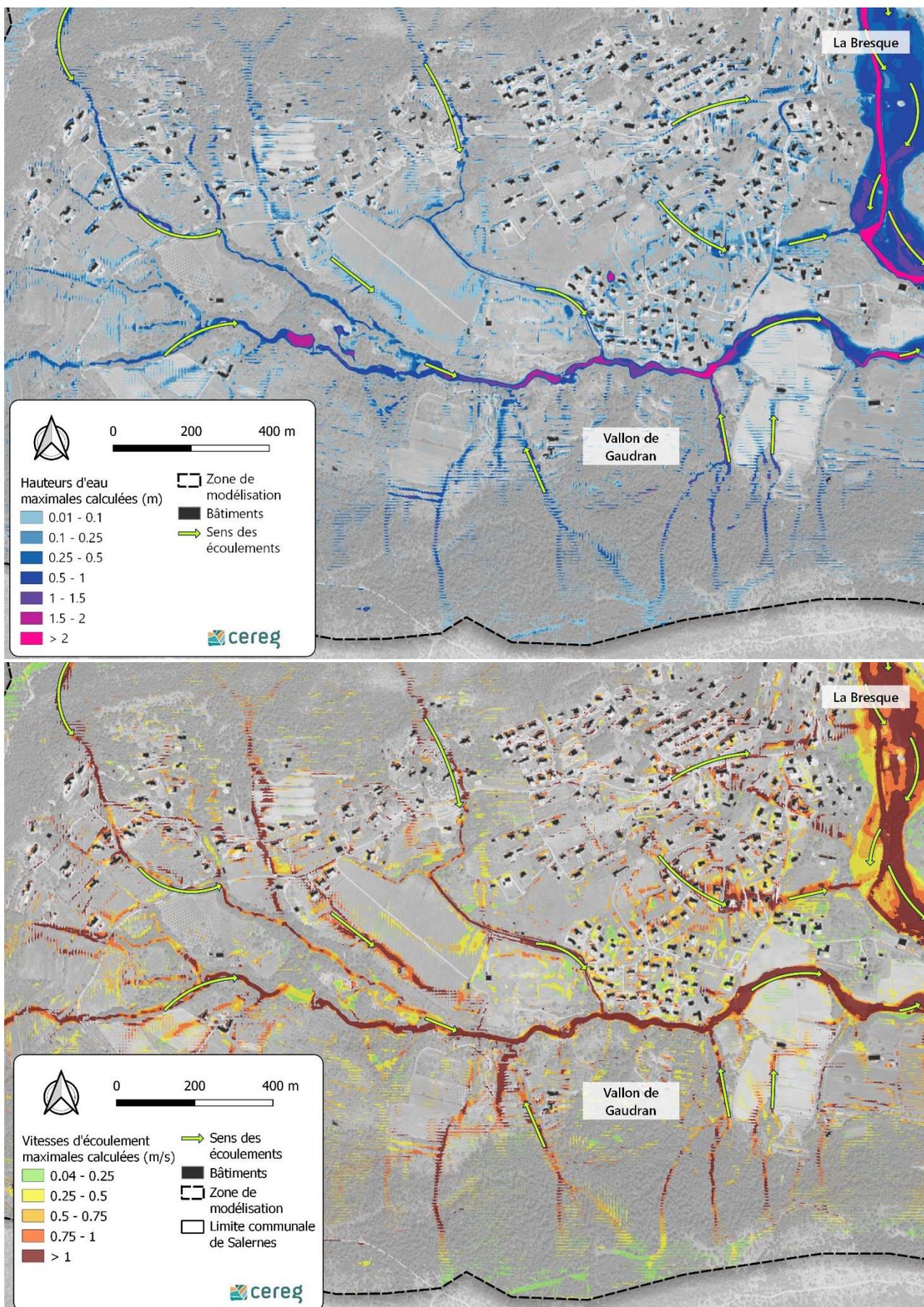


Illustration 67 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Gaudran - Crue cinquantennale

B.II.3.4.4. Secteur du Plan et confluences

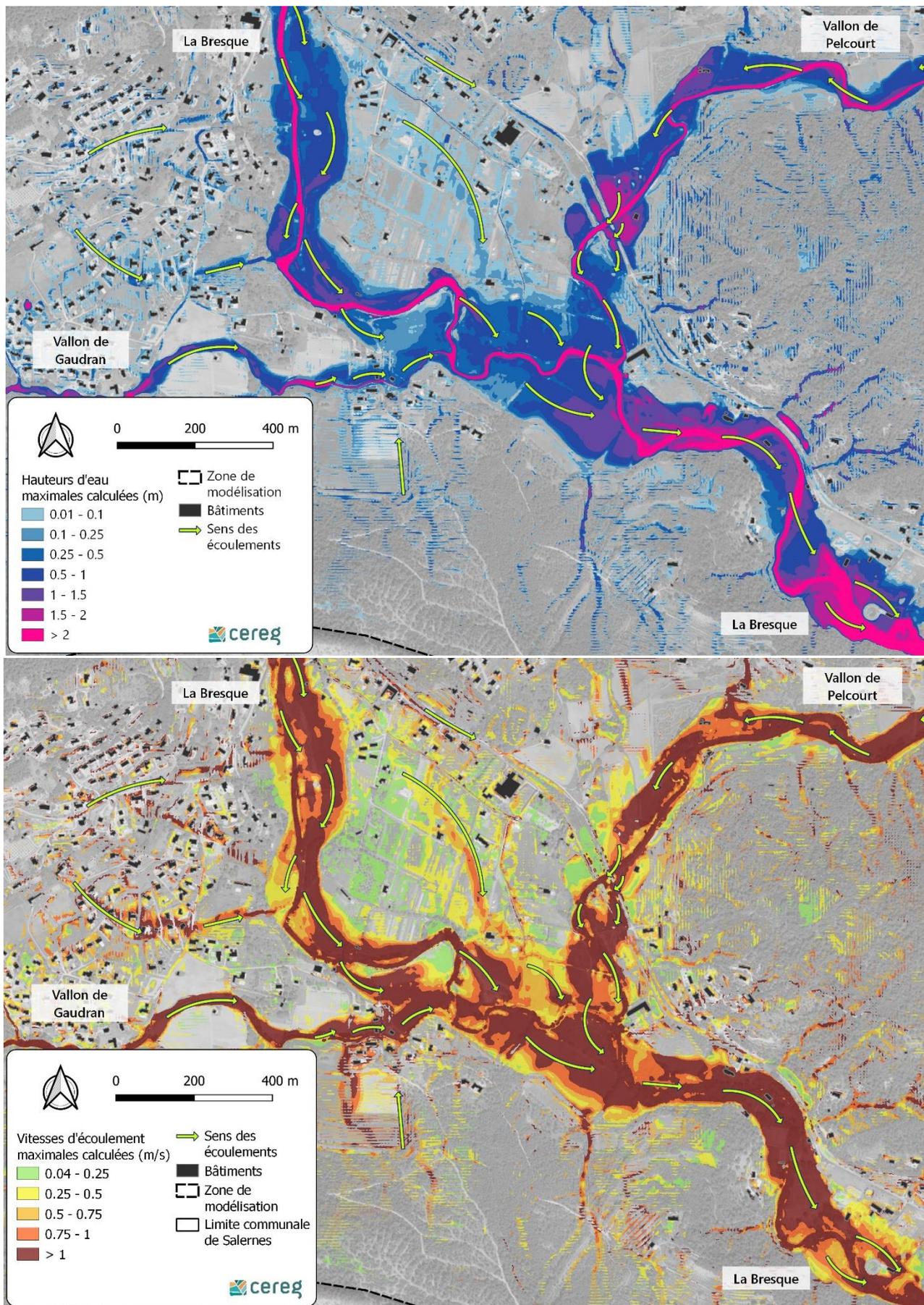


Illustration 68 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Plan - Crue cinquantennale

B.II.3.5. Crue centennale (crue de référence)

Pour rappel, les données de pluie utilisées pour cette crue quinquennale sont les suivantes.

Occurrence de la pluie	Cumul total (24h) (mm)	Cumul (12h) (mm)	Cumul (6h) (mm)	Pic intense 1h (mm)	Pic intense 6min (mm)
100	209.9	166.9	137.2	72.1	19.3

Tableau 30 : Synthèse de la pluie de projet centennale utilisée

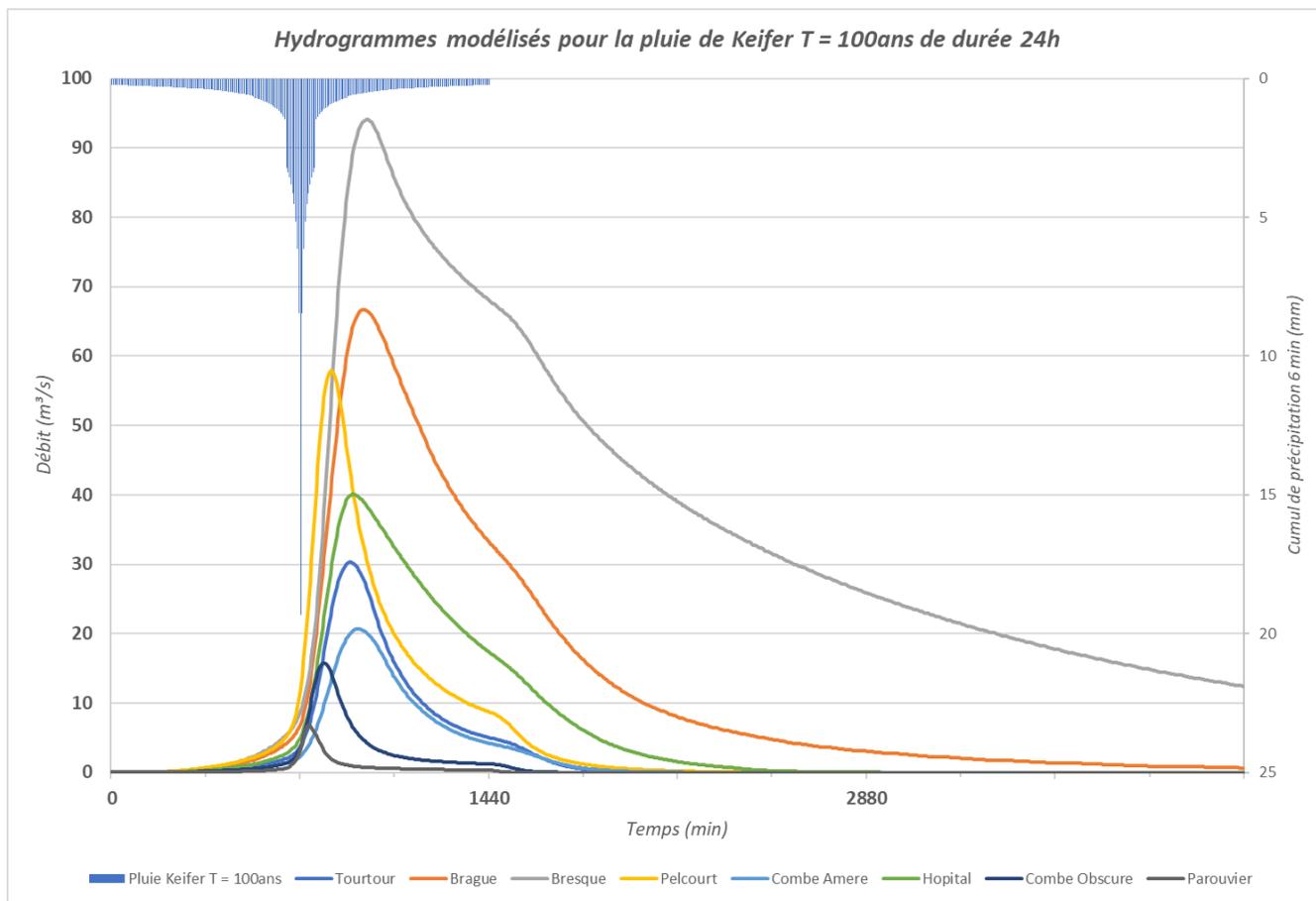


Illustration 69 : Hydrogrammes et hyétogramme modélisés pour la crue centennale

B.II.3.5.1. Secteur du centre-ville

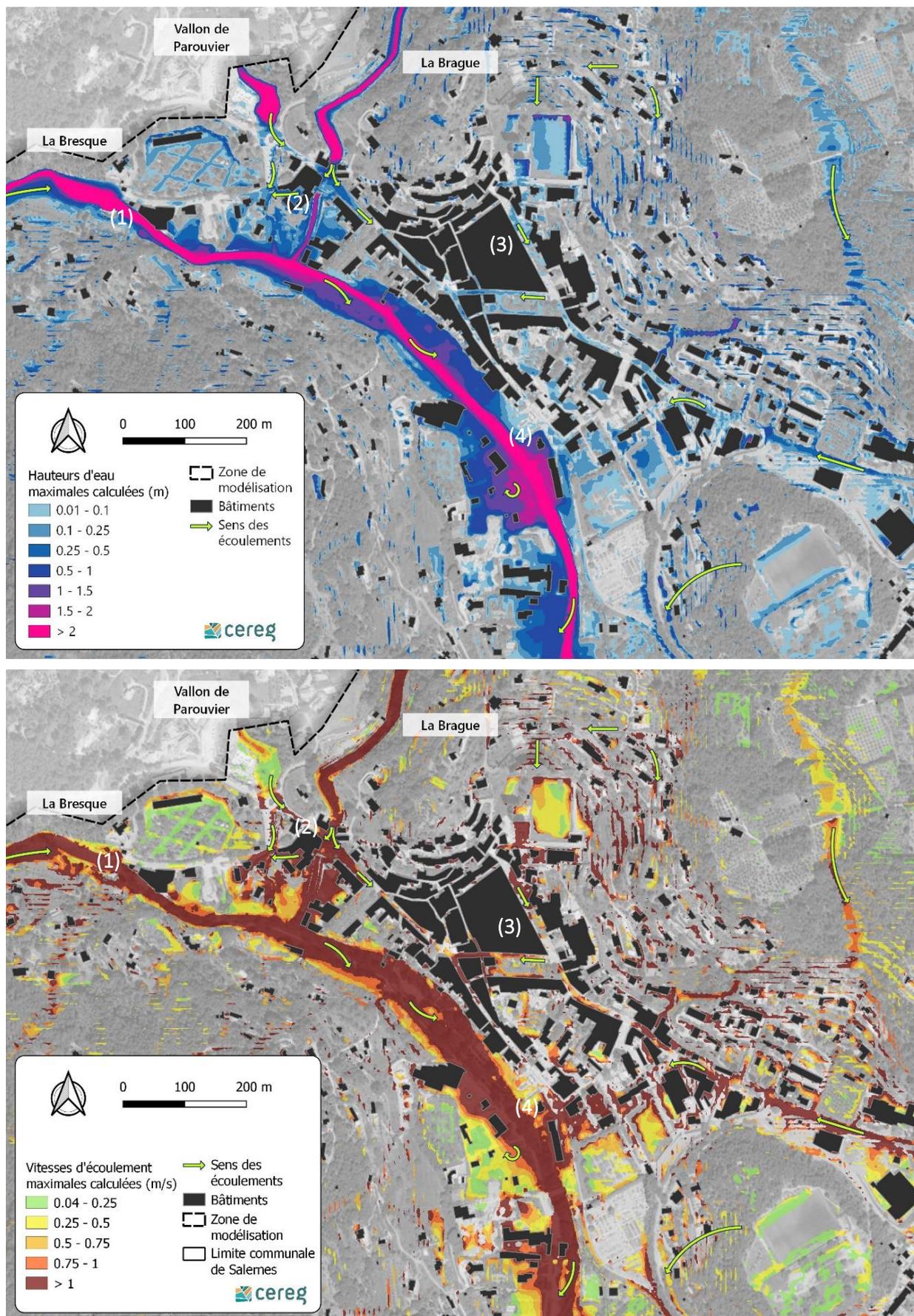


Illustration 70 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximales sur le secteur du centre-ville - Crue centennale

Cette crue, associée à la pluviométrie centennale du secteur d'étude (station d'AUPS) constitue l'évènement de référence et est utilisée par la suite pour la détermination de l'aléa inondation préalable au zonage PLU.

Sur le secteur du centre-ville, la cartographie des hauteurs d'eau et des vitesses met en évidence l'enveloppe d'inondation liée au débordement de la Bresque dans la traversée de la partie la plus urbanisée de la commune. Les premiers débordements ont lieu déjà en amont de la retenue de la Muie avec des hauteurs atteignant 1 m pour des vitesses d'écoulement de 2 à 2,5 m/s. Au passage de la retenue, des débordements en rive droite et contournent le pont romain (1) avec des vitesses maximales de 1,5 m/s.

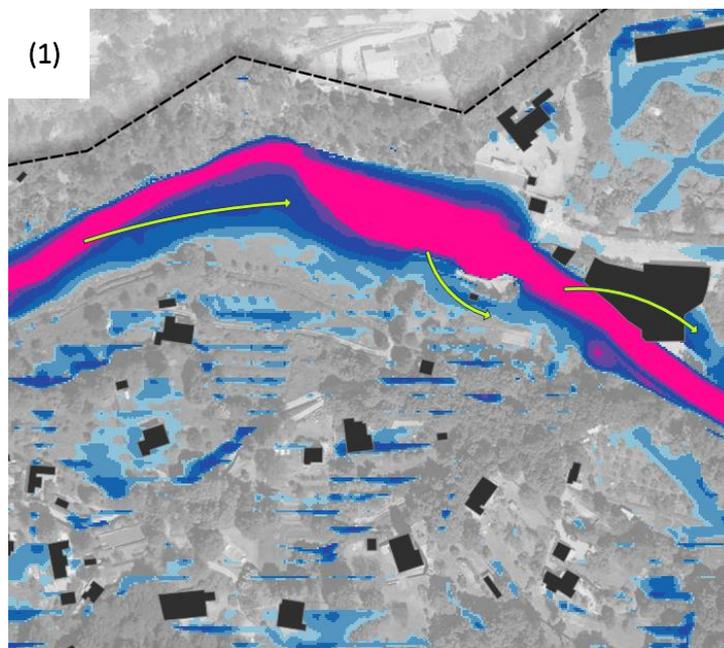


Illustration 71 : Hauteur maximales calculées sur le secteur de la retenue de la Muie – Crue centennale

À proximité des points de confluence entre la Bresque et les vallons de la Brague et de Parouvier, d'importants débordements (2) liés à une sous-capacité des ouvrages de franchissement sont identifiés. En effet, les deux vallons sont fortement contraints au passage des ouvrages routiers. Ces contraintes provoquent une accumulation des eaux en amont puis une surverse sur la voirie se dirigeant ensuite en direction du centre-ville ainsi que sur les parcelles voisines.

Sur tous ces points de débordement, les vitesses d'écoulement maximales sont élevées avec par exemple, sur le point de débordement de la Brague des valeurs allant de 2,5 à 3 m/s. Les vitesses de ruissellement des eaux issues du débordement de ces deux affluents sont de manière générale proches de 2 m/s et situées à proximité d'habitations déjà existantes.

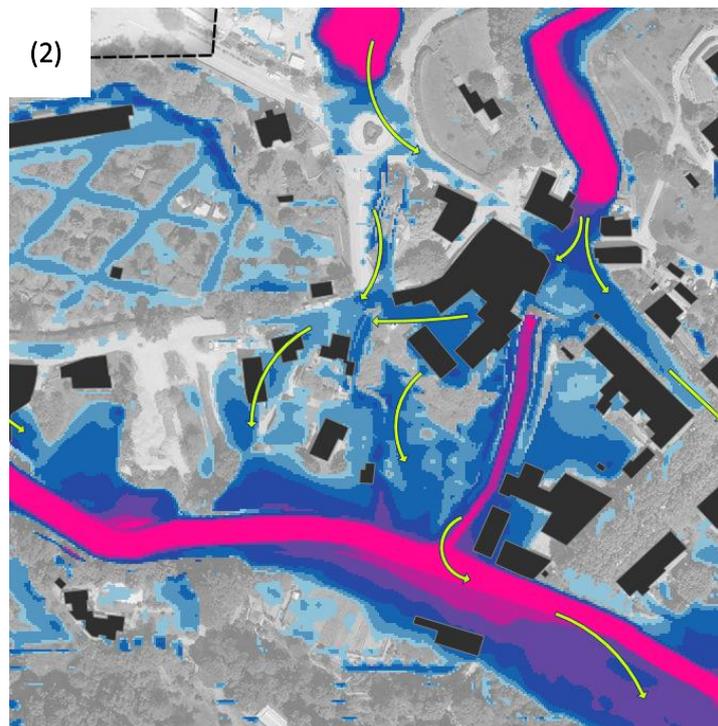


Illustration 72 : Hauteurs maximales calculées sur le secteur de confluence avec les vallons de la Brague et de Parouvier – Crue centennale

Plus en aval, dans le centre-ville, les ruissellements provenant du versant sur lequel est positionné la commune de Salernes s'écoulent dans les rues (3). Les hauteurs d'eau sont comprises entre 15 et 30 cm et s'écoulent très rapidement avec parfois près de 2 m/s. Les hauteurs restent indicatives en raison d'une absence de prise en compte du réseau pluvial existant sur la commune de Salernes.

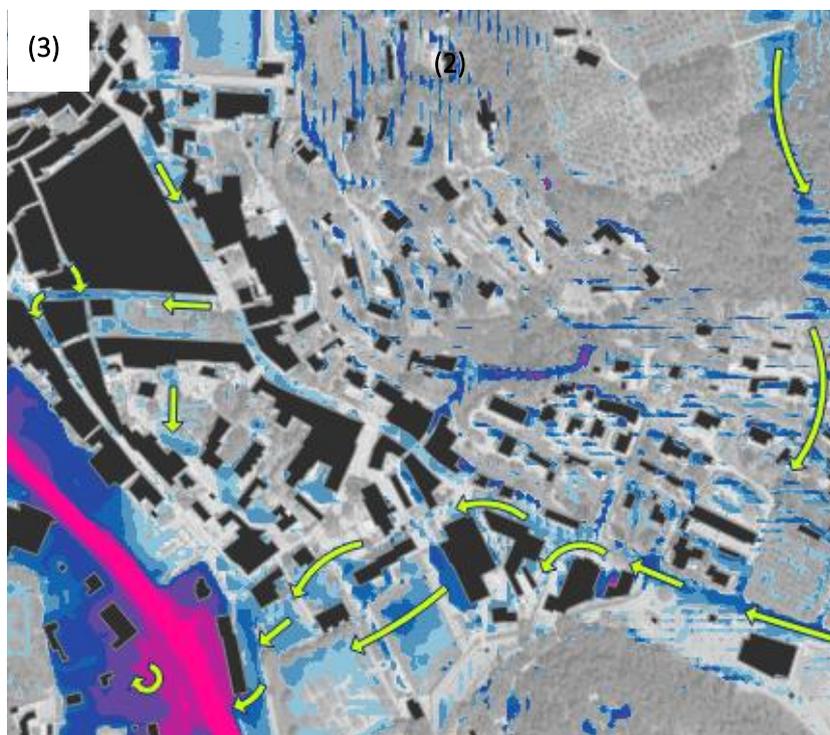


Illustration 73 : Hauteurs maximales calculées dans les rues du centre-ville – Crue centennale

En sortie de la zone urbaine, au franchissement de la route des Quatre chemins par la Bresque, le remblai routier bloque une partie des écoulements provenant de l'amont avec une création de recirculations à cet endroit. Au cours de l'évènement, la zone de stockage formée en amont du remblai ne peut plus contenir les eaux. Ces dernières

finissent par surverser en direction du musée Terra Rossa. En amont du remblai, dans le lit majeur, les hauteurs d'eau atteignent près de 2 m localement, avec des vitesses d'écoulement comprises entre 0,5 et 1 m/s. Les vitesses d'écoulement maximales sont modélisées au point de surverse (4') avec 1,5 m/s.

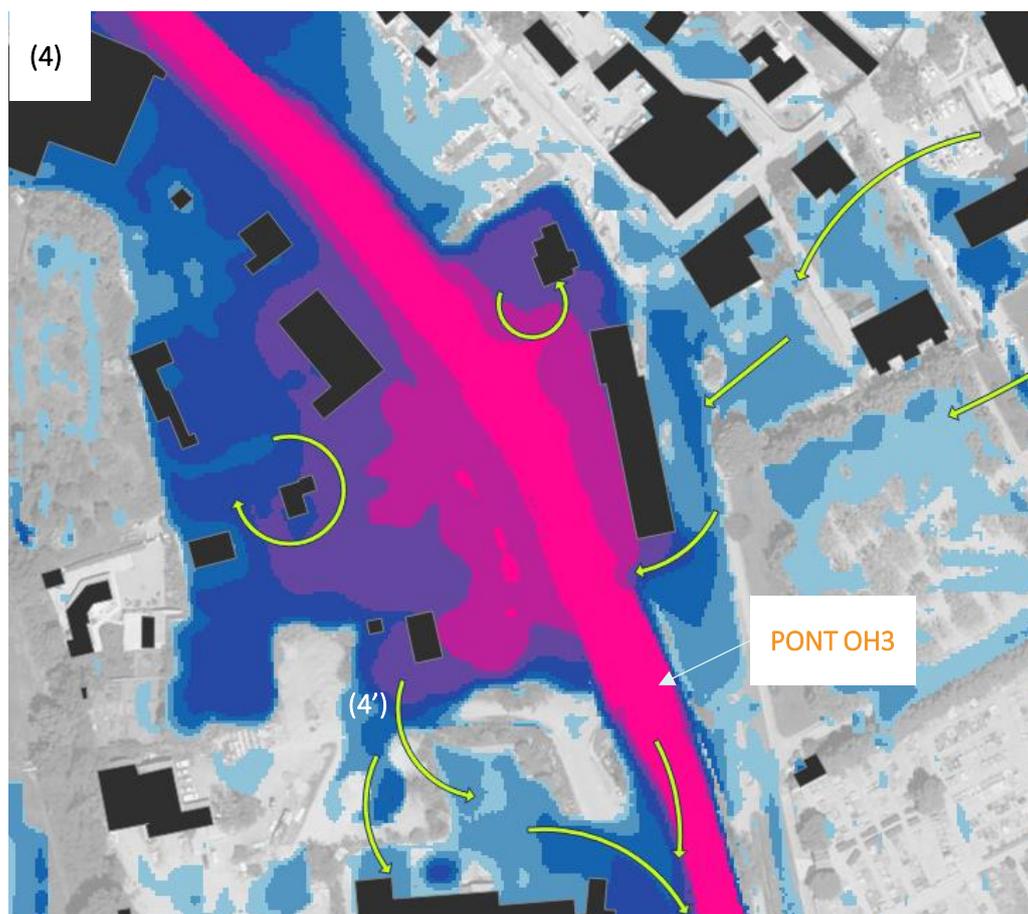


Illustration 74 : Hauteurs maximales calculées dans les rues du centre-ville – Crue centennale

B.II.3.5.2. Secteur du Pelcourt

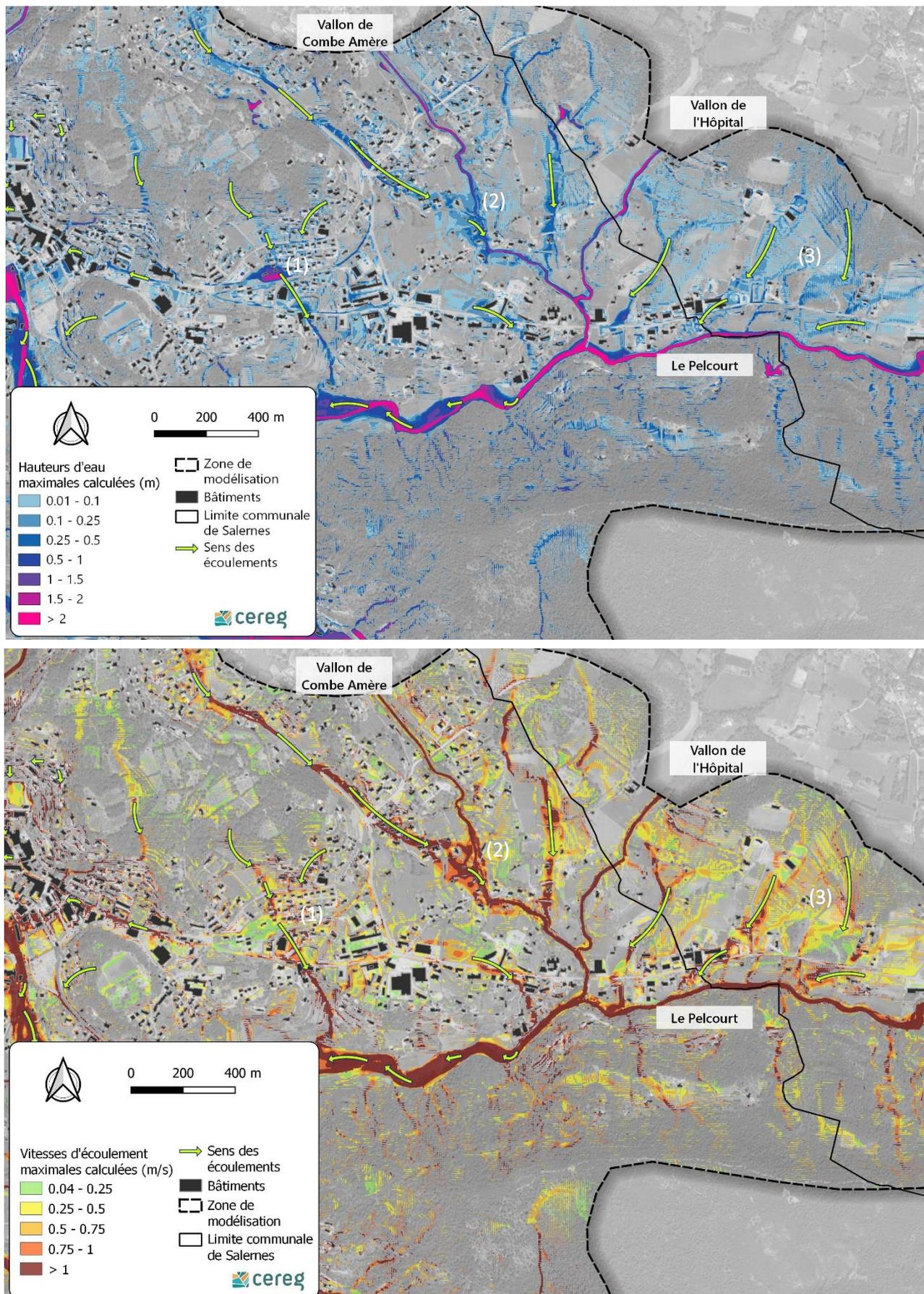


Illustration 75 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximales sur le secteur du Pelcourt - Crue centennale

Comme pour les occurrences précédentes, les désordres sur ce secteur sont en grande partie liés aux ruissellements. Les différents cours d'eau présentent de bonnes capacités au regard des bassins versants en amont. Les quelques débordements rejoignent rapidement le lit mineur en raison de vallons encaissés.

Sur le secteur (1) de la zone d'activités, à proximité du Lidl, comme évoqué précédemment, une importante accumulation des eaux a lieu dans une vaste zone de dépression. À cet endroit, les hauteurs d'eau atteignent 2,80 m dans les points de dépression les plus marqués pour des vitesses d'écoulement globalement inférieures à 0,2 m/s. À l'est de ce secteur, de nombreuses habitations sont positionnées dans l'axe de ruissellement caractérisé par des hauteurs de 10 à 20 cm pour des vitesses de 0,5 à 1 m/s. Les eaux s'évacuent ensuite vers le sud par des axes de ruissellement plus concentrés, où elles rejoignent le Pelcourt en passant à proximité de zones d'habitation déjà existantes.

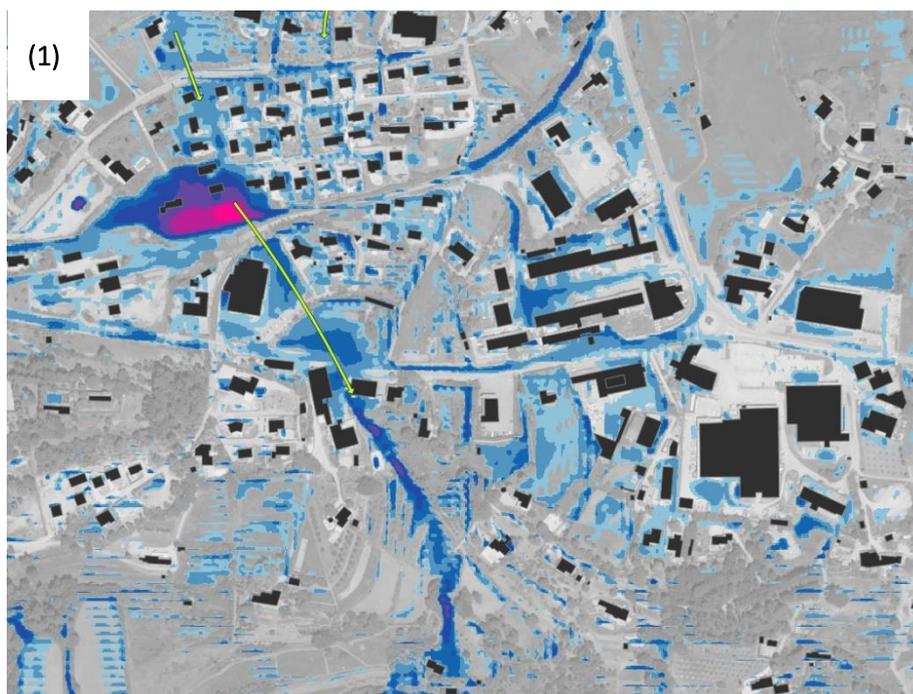


Illustration 76 : Hauteurs maximales calculées sur le secteur de la zone d'activités – Crue centennale

Plus au nord (2), l'axe de ruissellement provenant de la route de l'Europe rejoint le vallon de la Combe Amère sur un secteur fortement urbanisé. À cet endroit, la Combe Amère déborde en raison d'un apport trop important et inonde les parcelles voisines pour la plupart non construites. L'axe de ruissellement de la route de l'Europe s'écoule au milieu des habitations avec pour cette occurrence, des hauteurs d'eau allant de 20 à 50 cm pour des vitesses atteignant par endroits les 2 m/s.

Quelques centaines de mètres plus en aval, un axe de ruissellement secondaire venant du nord s'écoule à proximité des habitations (2'). Les hauteurs d'eau sont le plus souvent inférieures à 30 cm et s'écoulent avec des vitesses maximales allant de 0,5 à 1 m/s.

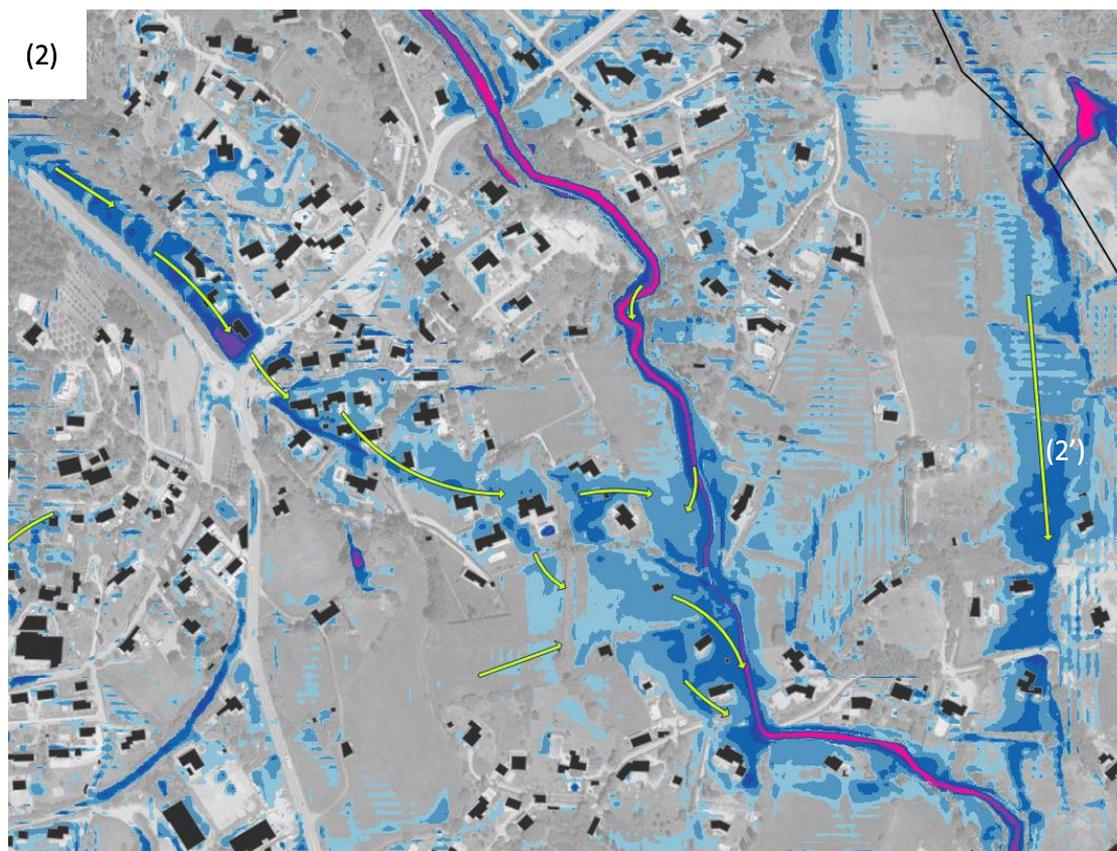


Illustration 77 : Hauteurs maximales calculées sur le secteur de la Combe Amère – Crue centennale

Enfin, plus à l'est, sur la commune de Villecroze, les vastes zones de ruissellement identifiées précédemment (3) s'écoulent en direction des bâtiments d'activités situés à cet endroit. Quelques habitations sont positionnées dans des axes de ruissellement plus concentrés. Les hauteurs d'eau sont très variables en fonction de la largeur de l'axe de ruissellement (5 cm à 1 m). Les vitesses sont toutefois comprises entre 0,5 et 1 m/s sur la majeure partie du secteur. La zone de dépression évoquée lors des enquêtes (3'), en bordure de la route départementale, se remplit jusqu'à surverser sur la voirie et s'écoule vers le vallon de Pelcourt au sud.

Un point de débordement sur le vallon de l'Hôpital apparaît pour cette occurrence (3''). Les eaux provenant du débordement s'écoulent alors au milieu des parcelles agricoles et contribuent au remplissage de la zone de dépression précédemment évoquée (3') avant de rejoindre le Pelcourt plus au sud. Le vallon de l'Hôpital déborde ainsi au passage d'un débit de 35 m³/s environ, légèrement inférieur au débit centennial estimé à 40 m³/s

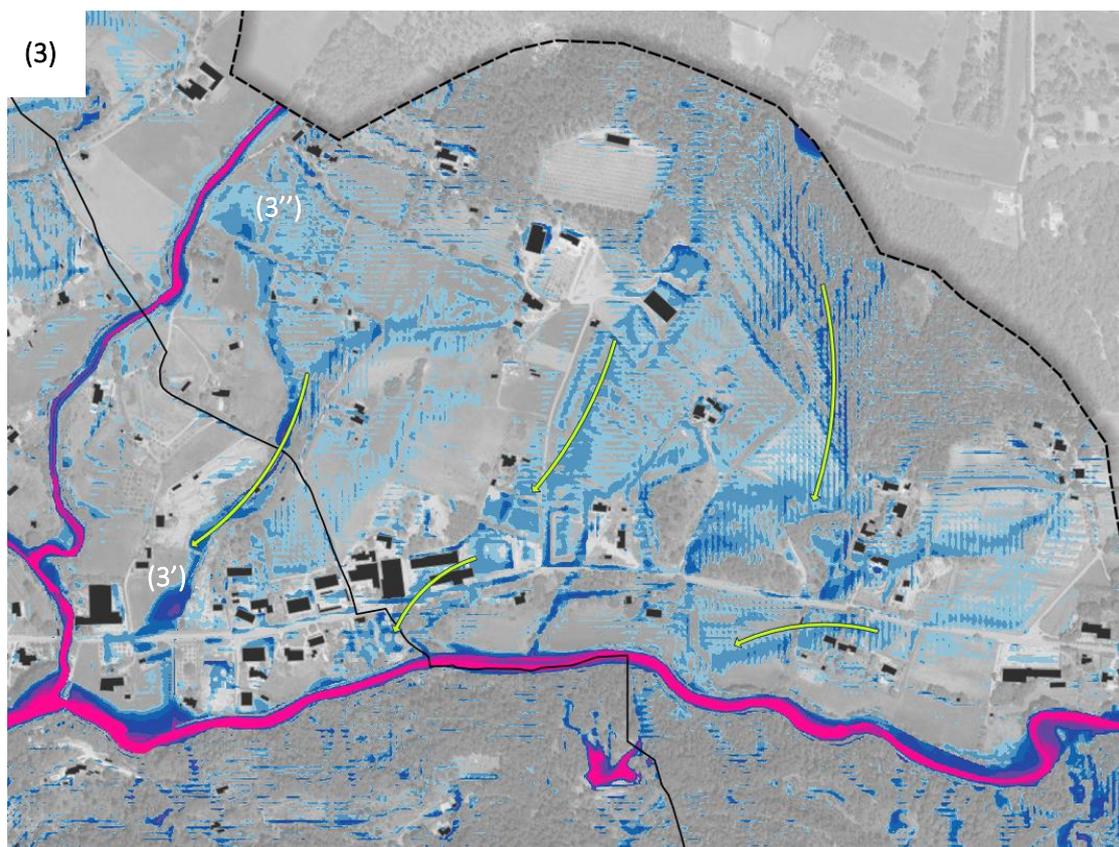


Illustration 78 : Hauteurs maximales calculées sur le secteur de Villecroze – Crue centennale

B.II.3.5.3. Secteur du Gaudran

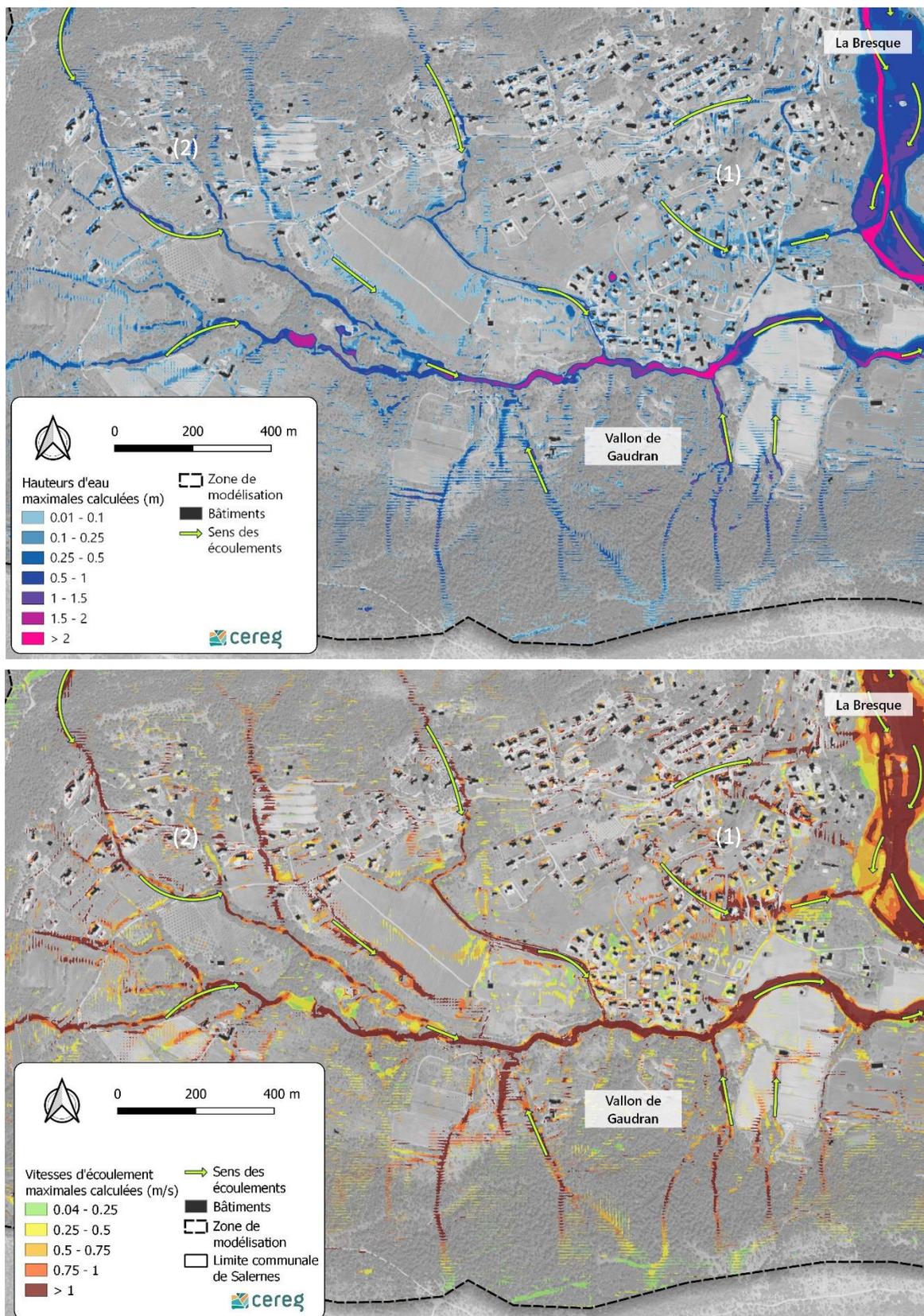


Illustration 79 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximales sur le secteur du Gaudran - Crue centennale

Sur ce secteur, comme pour les crues précédentes, l'aléa ruissellement est la cause des désordres identifiés en phase 1. Les quartiers Saint-Michel et Grangues (1) sont traversés par des axes de ruissellement bien marqués, avec des hauteurs pouvant atteindre par endroits 50 cm pour des vitesses maximales de 1 à 1,5 m/s.

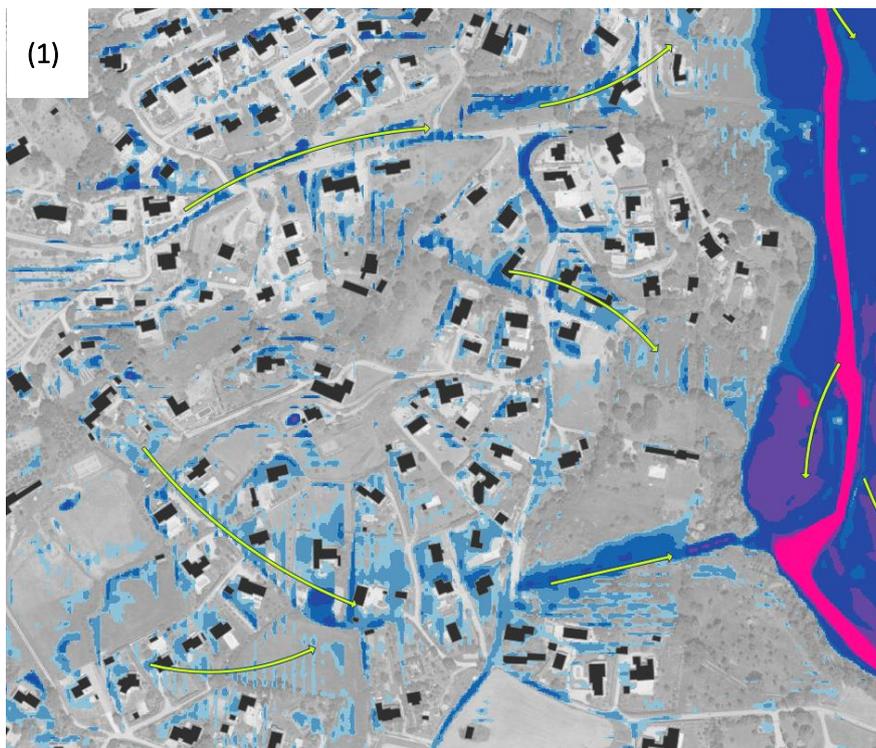


Illustration 80 : Hauteurs maximales calculées sur les quartiers Saint-Michel et Grangues – Crue centennale

Plus en amont, les versants aux pentes plus prononcées drainent les eaux de ruissellement dans des axes fortement concentrés. Ces axes passent à proximité d'habitations (2) avec des hauteurs d'eau atteignant jusqu'à 1 m pour des vitesses de 1,5 m/s.

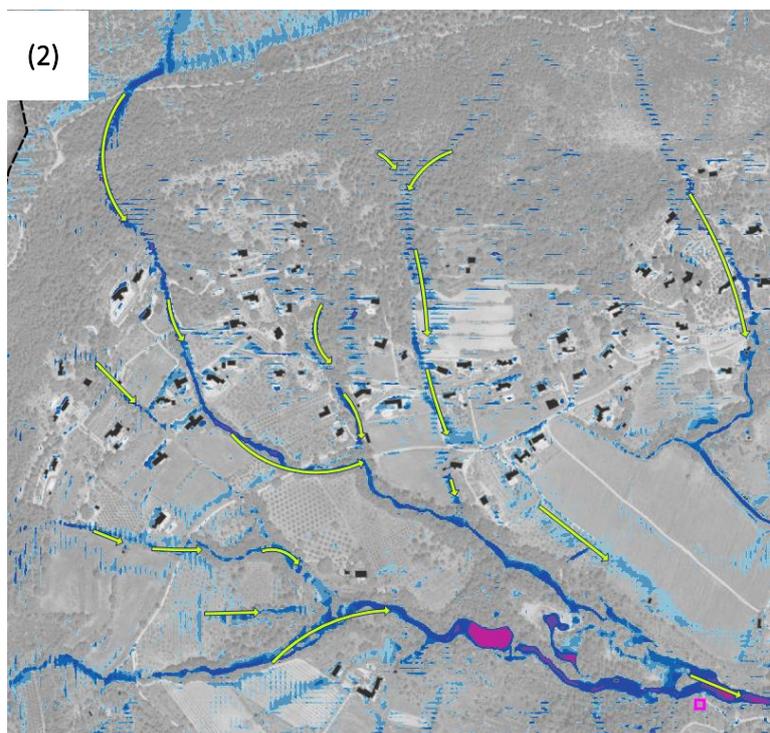


Illustration 81 : Hauteurs maximales calculées sur les versants du Gaudran – Crue centennale

B.II.3.5.4. Secteur du Plan et confluences

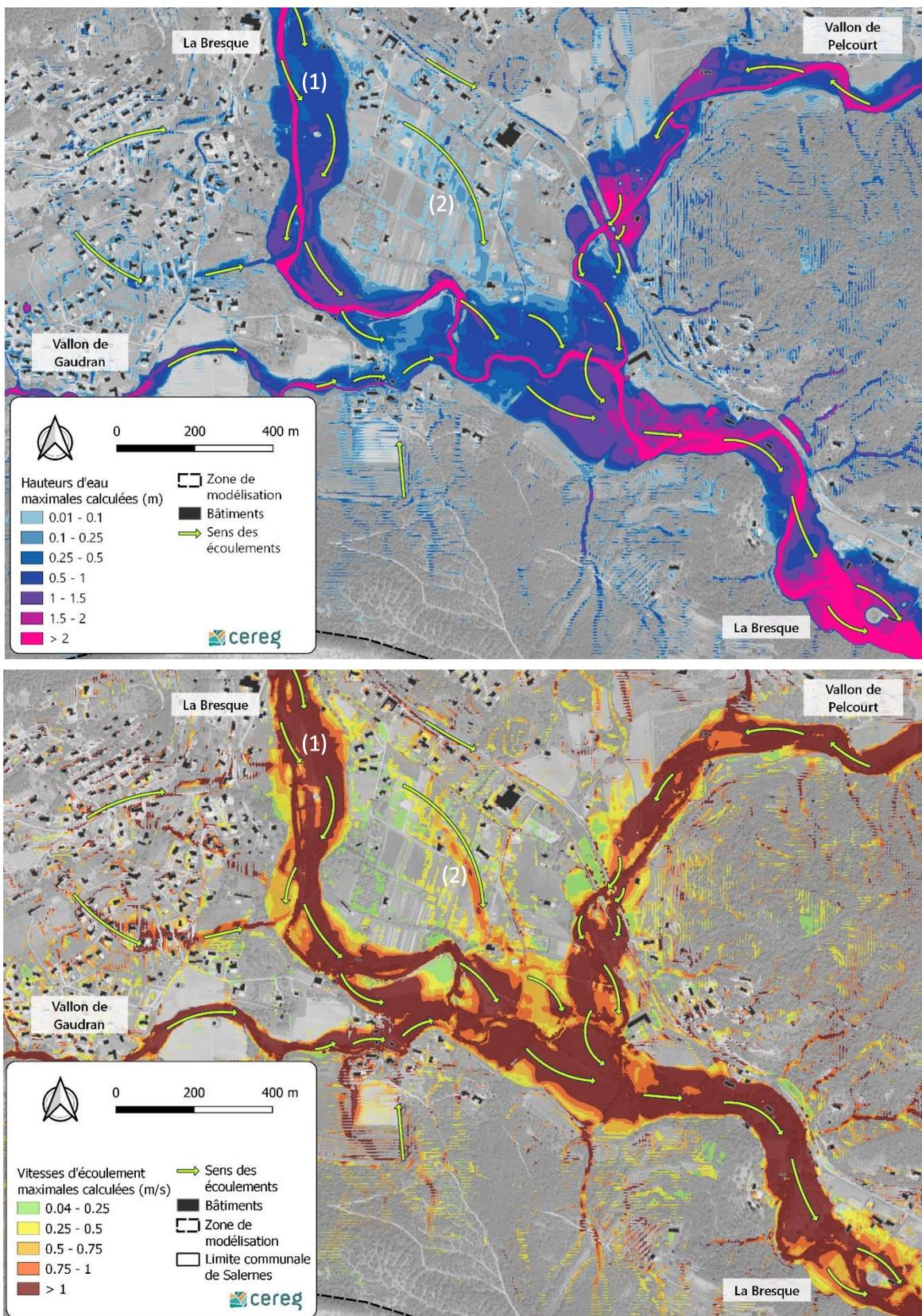


Illustration 82 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximales sur le secteur du Plan - Crue centennale

Sur ce secteur, les nombreux points de débordement sont sollicités et le lit majeur se remplit un peu plus que pour les crues précédentes. L'emprise d'inondation reste similaire mais les hauteurs d'eau sont augmentées. En comparaison, au premier point de débordement dans la zone du Plan (1), les hauteurs d'eau atteintes pour cette crue centennale sont 20 à 30 cm plus profondes que pour la crue modélisée de 2019. Les deux cartes suivantes dressent une comparaison de ces hauteurs.

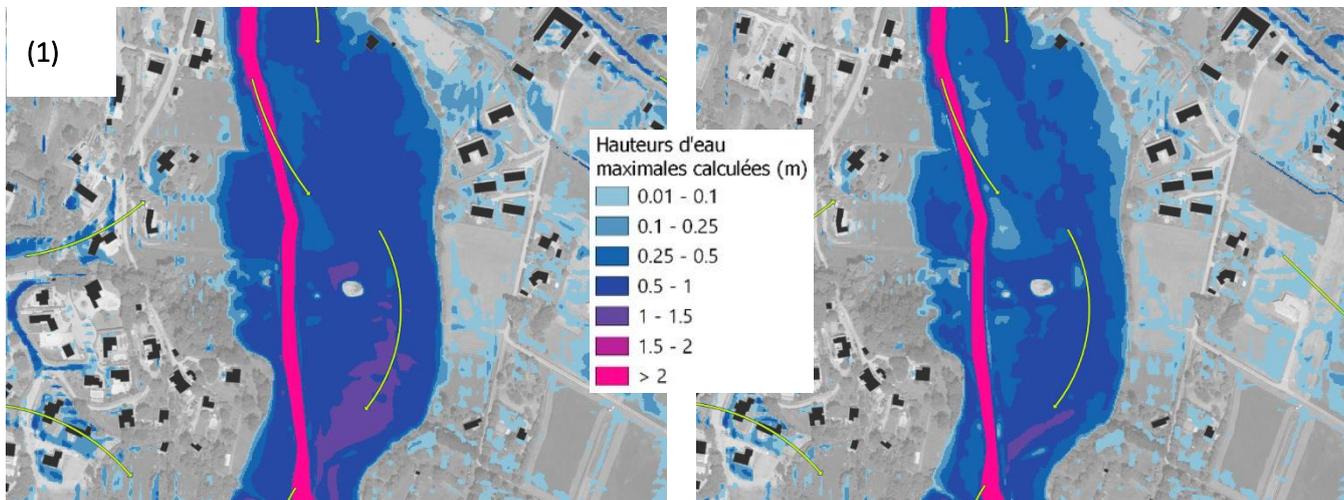


Illustration 83 : Comparaison des hauteurs maximales calculées – Crue centennale à gauche – Crue de 2019 à droite

Sur le reste du secteur, les points de débordement sont identiques à ceux identifiés dans la description de l'évènement de 2019 (cf. B.II.2.4). Les hauteurs d'eau sont cependant largement accentuées comme évoqué précédemment.

Concernant le ruissellement, l'axe principal dans la zone du Plan (2) s'écoule avec des hauteurs d'eau n'excédant pas les 20 cm et des vitesses généralement proches de 1 m/s au centre de l'axe d'écoulement.

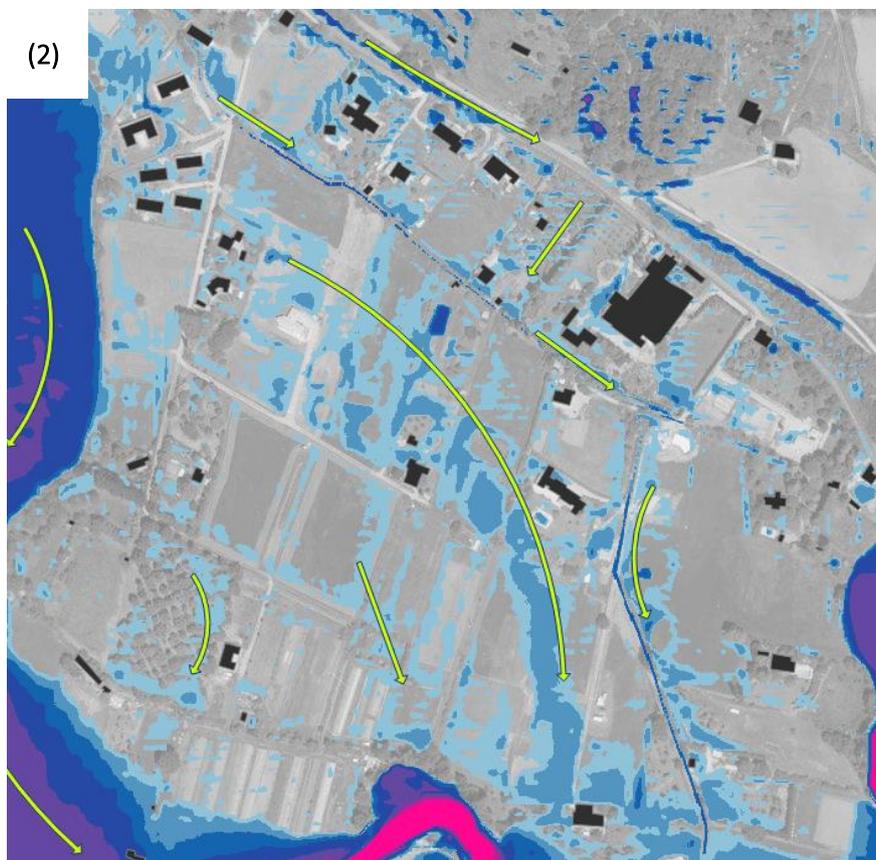


Illustration 84 : Hauteurs maximales calculées pour l'axe de ruissellement principal du secteur du Plan – Crue centennale

B.II.3.6. Crue cinq centennale (crue exceptionnelle)

Pour rappel, les données de pluie utilisées pour cette crue quinquennale sont les suivantes.

Occurrence de la pluie	Cumul total (24h) (mm)	Cumul (12h) (mm)	Cumul (6h) (mm)	Pic intense 1h (mm)	Pic intense 6min (mm)
500	304.4	242.0	198.9	104.5	28.0

Tableau 31 : Synthèse de la pluie de projet cinq centennale utilisée

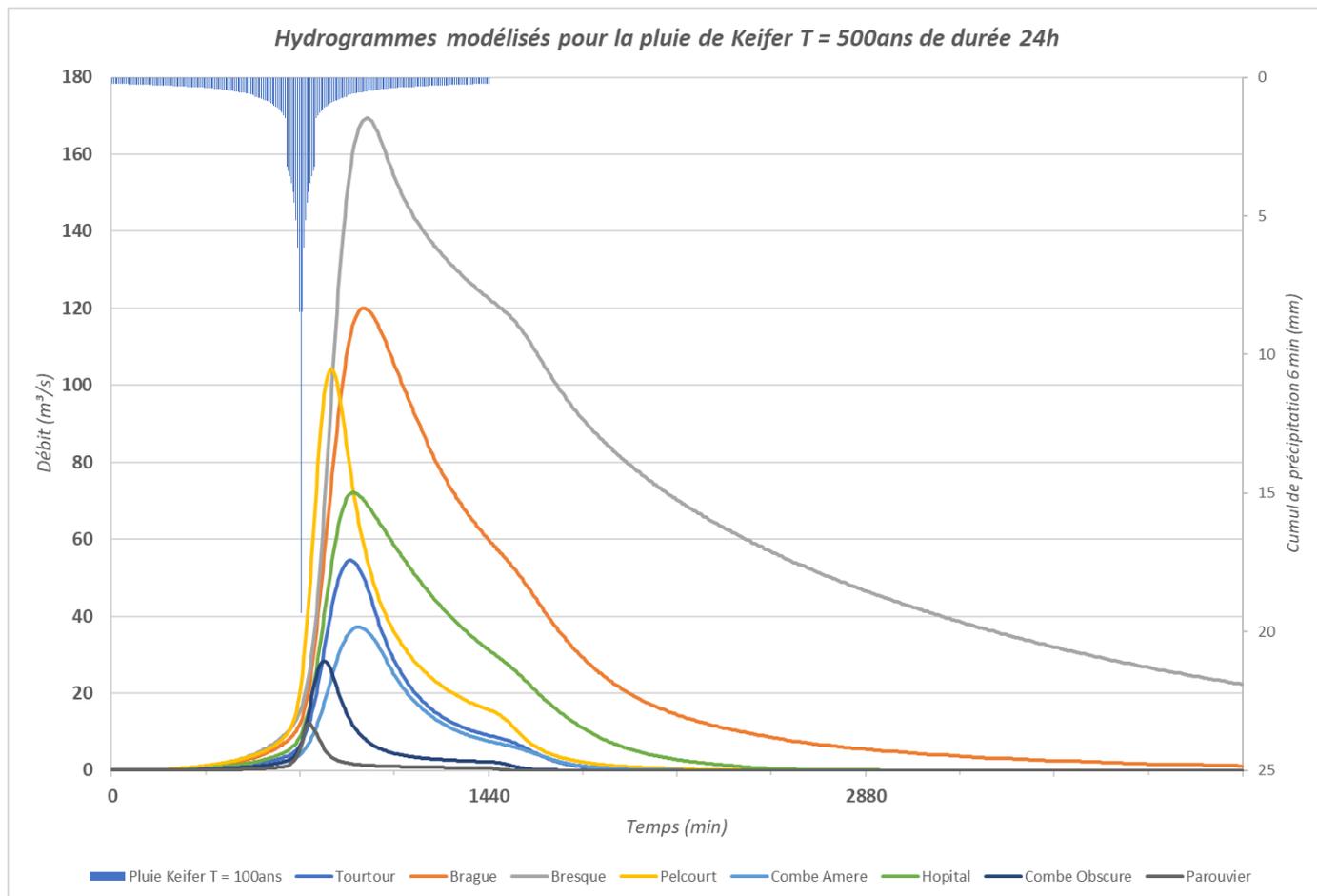


Illustration 85 : Hydrogrammes et hyétogramme modélisés pour la crue cinq centennale

Pour la modélisation de cette crue cinq-centennale, les analyses réalisées ont conduit à retenir un coefficient multiplicateur de 1,8 sur les hydrogrammes calculés pour la crue centennale et un coefficient de 1,45 sur la pluie centennale.

Ces hypothèses sont réalisées en raison d’une absence de connaissance des débits et pluies associées à l’occurrence cinq-centennale sur le secteur. Cette approche constitue la méthodologie couramment employée pour l’estimation des phénomènes extrêmes.

Le débit de pointe à la station des Vingalières serait alors d’environ **300 m³/s** selon ces hypothèses.

B.II.3.6.1. Secteur du centre-ville

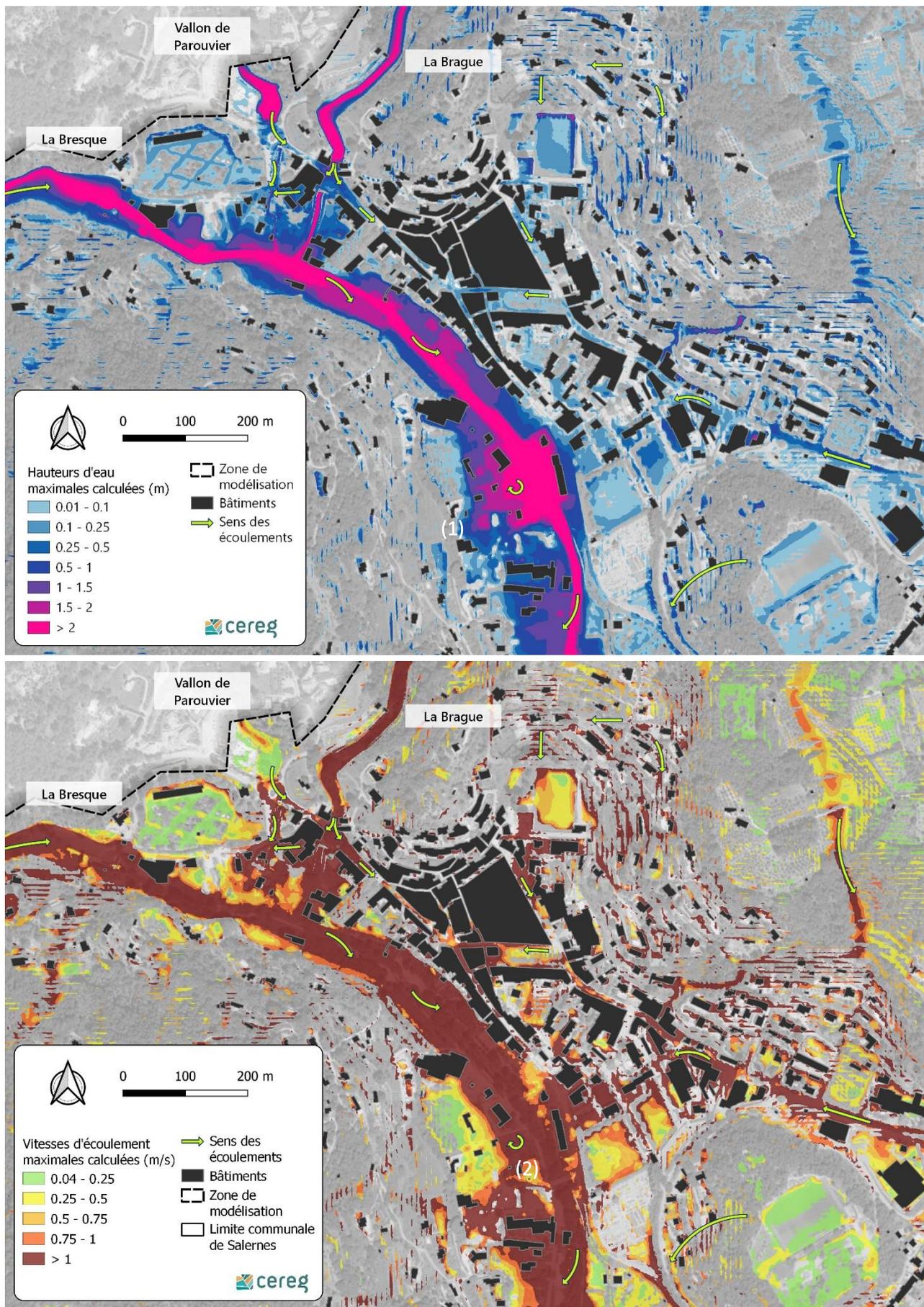


Illustration 86 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du centre-ville – Crue cinq-centennale

La modélisation de cette crue exceptionnelle montre une augmentation globale des hauteurs d'eau d'un facteur deux par rapport à la crue centennale dans les zones inondables bordant le lit mineur (bords de Bresque dans la traversée du centre-ville).

Les vitesses d'écoulement sont aussi augmentées, particulièrement en lit majeur avec par endroits une multiplication par deux des valeurs calculées. Dans le lit mineur ces vitesses restent similaires entre les crues 100 et 500 ans.

En ce qui concerne la modélisation des ruissellements, la pluie estimée cinq-centennale provoque une augmentation des hauteurs de 5 à 10 cm dans les rues et une augmentation des vitesses d'écoulement de 0,2 à 0,5 m/s.

Toutefois, les enjeux impactés sont globalement les mêmes que pour la crue centennale. En effet, l'emprise de crue et des ruissellements augmente peu à proximité des enjeux.

Une exception est observée en amont du remblai de la route des Quatre chemins. À cet endroit, des bâtiments comme celui de l'entreprise urbavar (1), alors non impactés pour la crue centennale le devienne pour cette crue exceptionnelle. L'inondation des bâtiments déjà impactés pour la crue centennale s'aggrave de manière importante avec au pied du remblai une augmentation des hauteurs d'eau de 80 cm. La hauteur maximale atteinte est de 2,5 m au pied de ce remblai. Sur ce secteur, les vitesses sont aussi grandement augmentées avec plus de 3 m/s en aval de la surverse sur le remblai (parking Terra Rossa). Au pied du remblai (2), en amont, les vitesses atteignent 1,2 m/s contre 0,6 m/s pour la crue centennale.

B.II.3.6.2. Secteur du Pelcourt

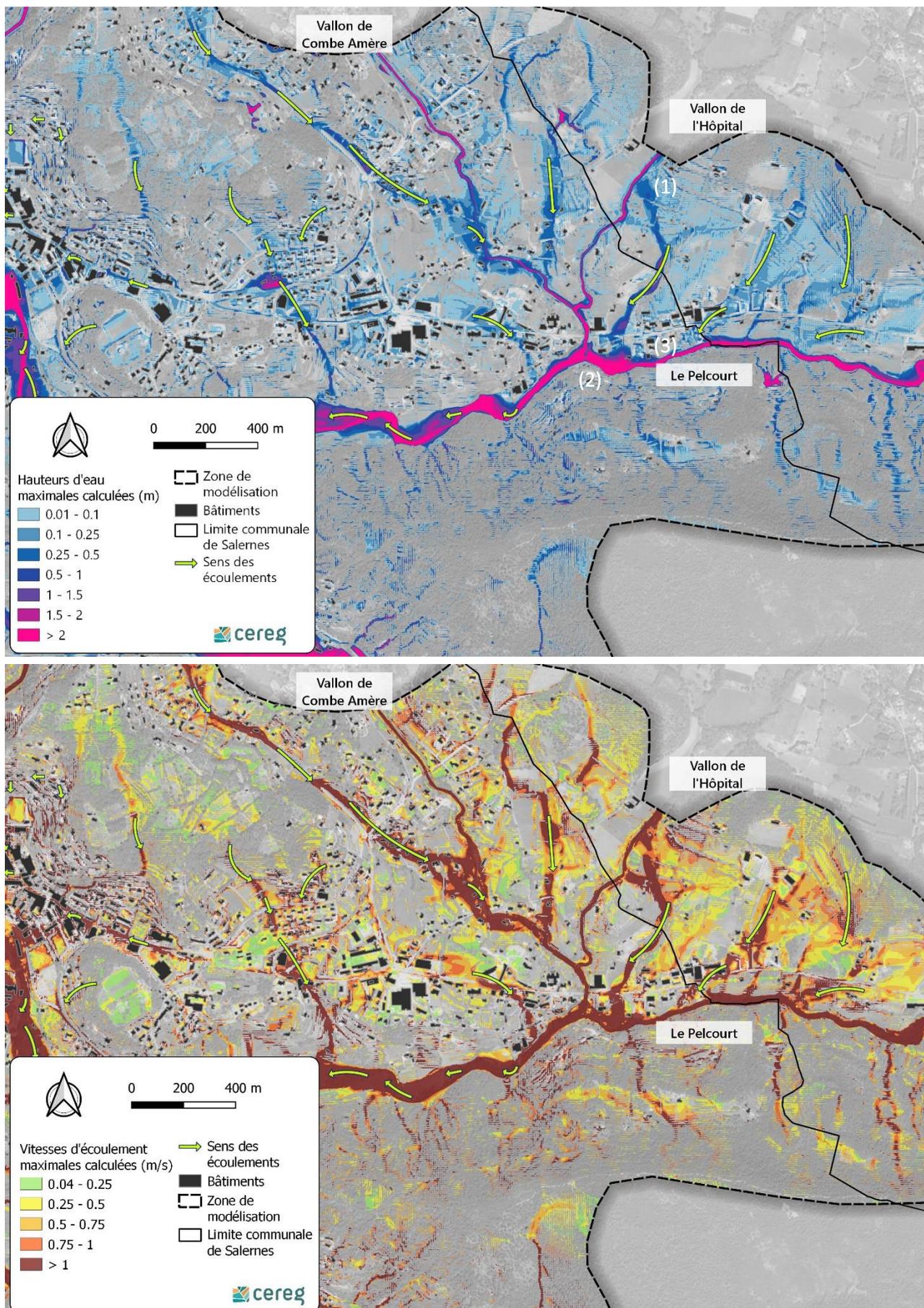


Illustration 87 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Pelcourt – Crue cinq-centennale

Sur le secteur du Pelcourt l'inondation liée à la crue de projet cinq-centennale conduit à une augmentation des lames d'eau ruisselée de 5 à 10 cm sur les principaux axes. Le débordement s'opérant à partir de la crue centennale sur le vallon de l'Hôpital (1) apparaît bien plus marqué pour cette occurrence. Les hauteurs d'eau ainsi que les vitesses d'écoulement sont localement 2 à 3 fois plus importantes sur ce point de débordement et en aval.

En aval de ce point de débordement, les eaux rejoignent le Pelcourt où l'ouvrage hydraulique OA11 génère un blocage (2) en raison d'une capacité hydraulique trop faible (débit maximal calculé à 80 m³/s). Quelques habitations alors non impactées se trouvent positionnées dans l'emprise de crue (3).

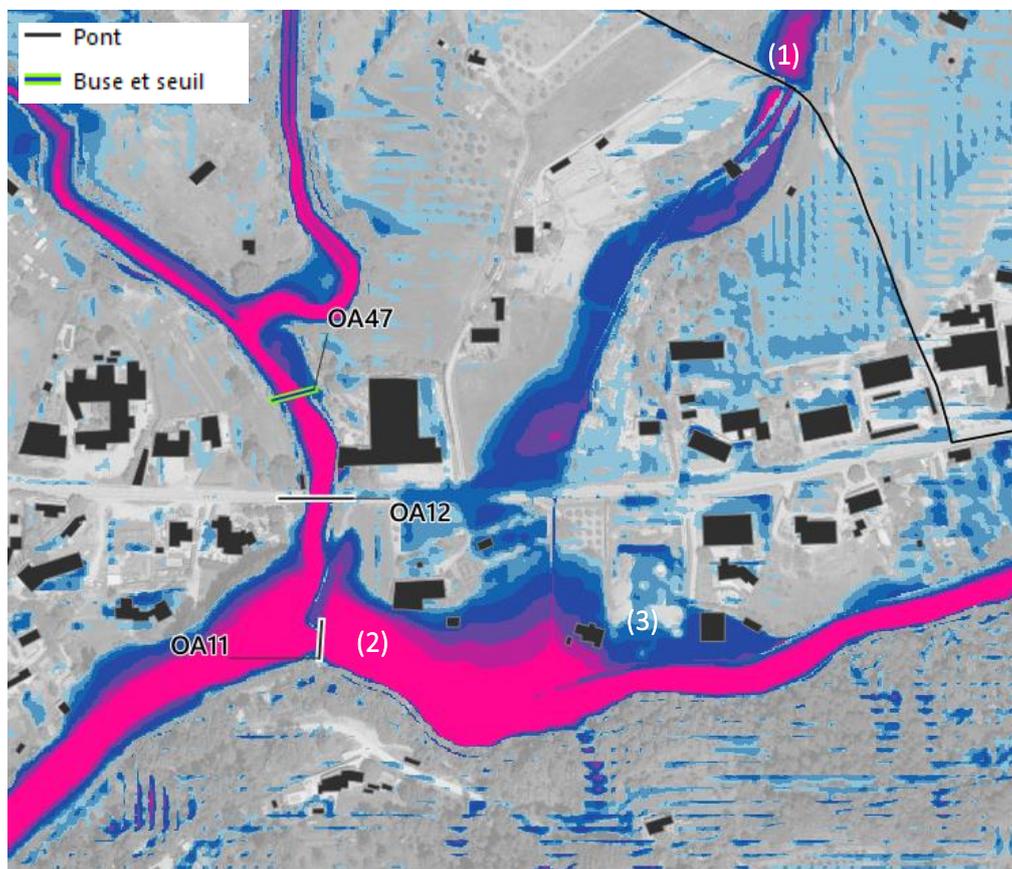


Illustration 88 : Confluence de l'axe d'écoulement débordant du vallon de l'Hôpital vers le Pelcourt – Crue cinq-centennale

B.II.3.6.3. Secteur du Gaudran

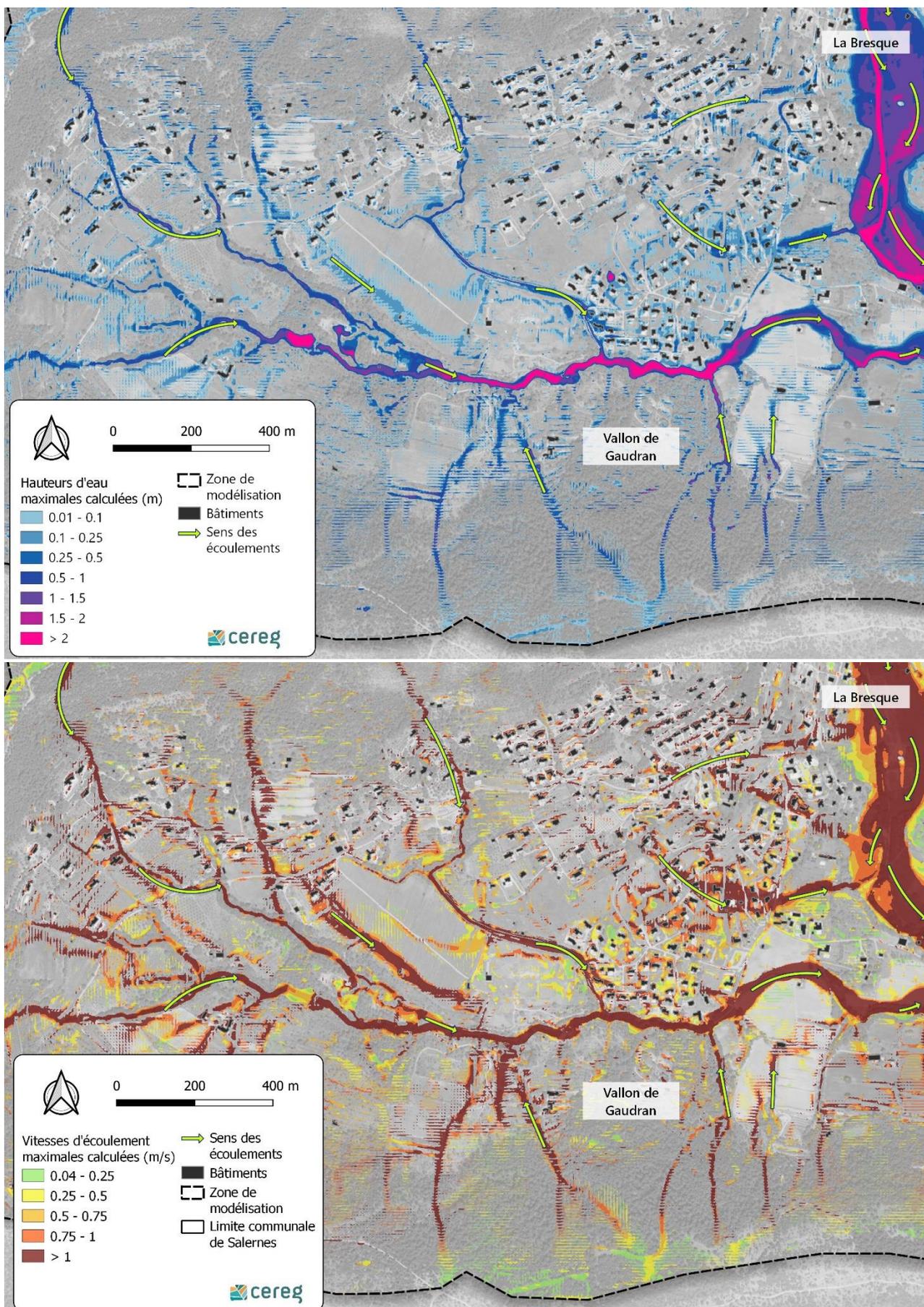


Illustration 89 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Gaudran – Crue cinq-centennale

B.II.3.6.4. Secteur du Plan et confluences

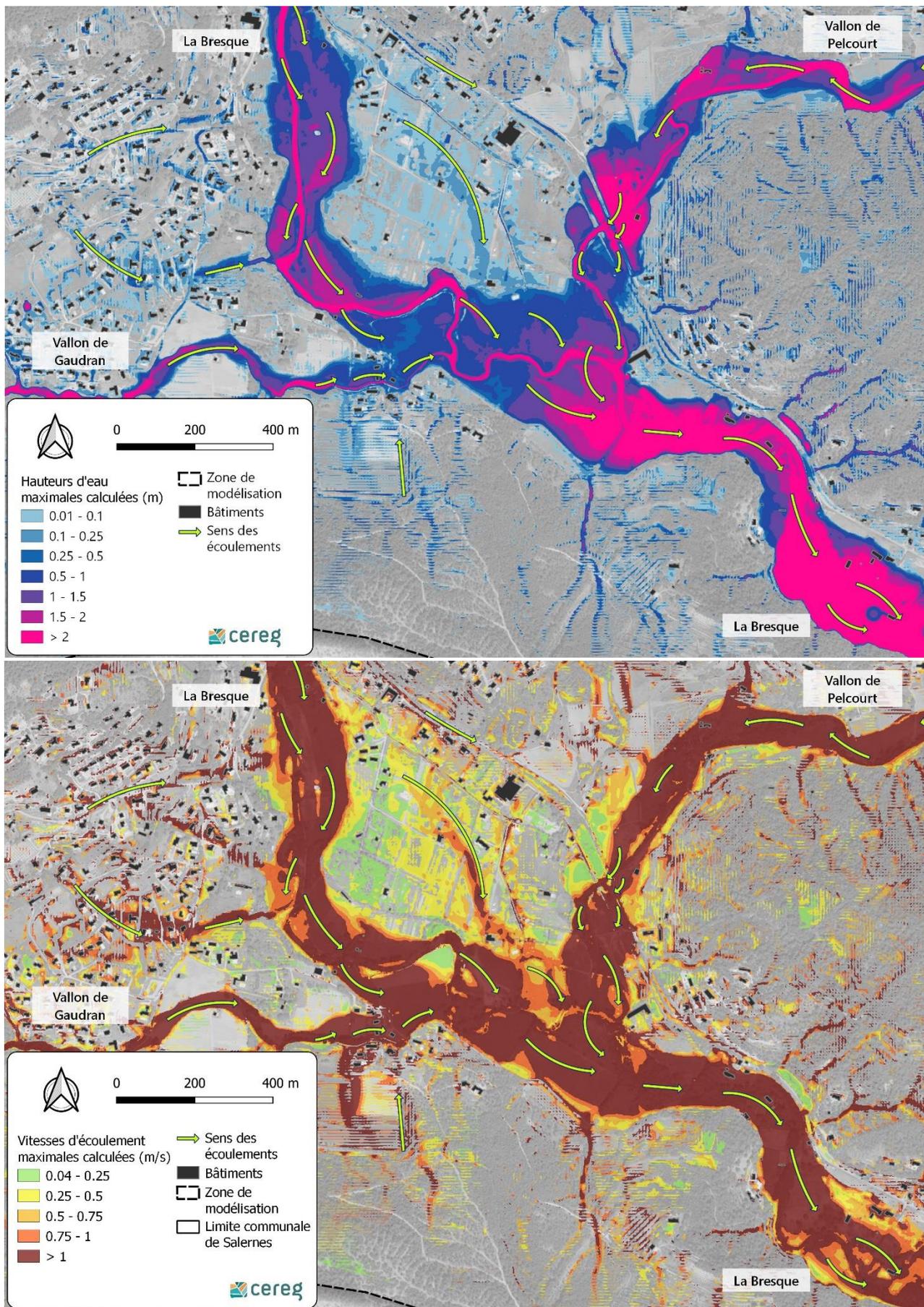


Illustration 90 : Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement maximum modélisées sur le secteur du Plan – Crue cinq-centennale

Sur ce dernier secteur, l'emprise d'inondation de la crue cinq-centennale est similaire à celle de la crue centennale avec toutefois des hauteurs d'eau 1,5 fois plus importantes au milieu de la zone inondables et jusqu'à 3 fois plus profondes en bordure de cette dernière.

Les vitesses d'écoulement sont aussi augmentées et particulièrement en bordure de zone inondable avec par endroits un facteur 1,5 par rapport à la crue centennale.

Deux différences notables sont constatées à la suite de la modélisation de cet évènement.

- Le premier sur la partie aval du Pelcourt. (cf. Illustration 91).

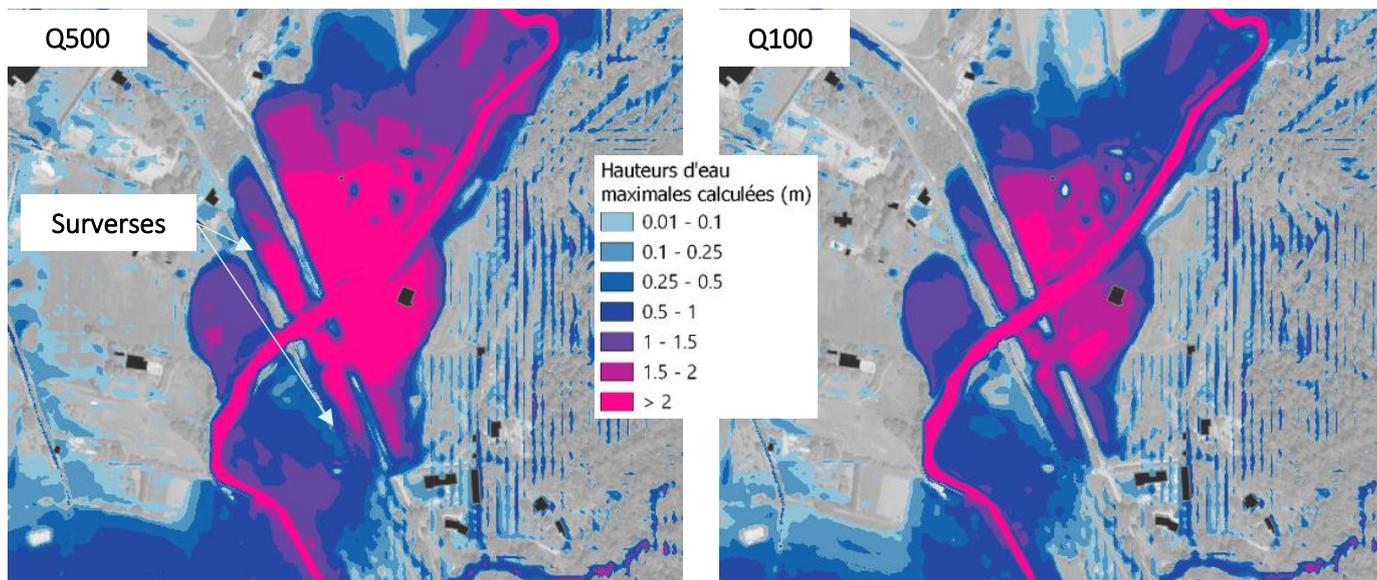


Illustration 91 : Comparaison des hauteurs d'eau au passage des remblais routiers du vallon du Pelcourt

À cet endroit, la modélisation de la crue cinq-centennale met en évidence une surverse généralisée sur la route d'Entrecasteaux avec des écoulements coupant la voirie en rive gauche mais aussi en rive droite.

- Le deuxième secteur où des modifications majeures sont observées se situe en aval de la zone du Plan, peu avant l'entrée de la Bresque dans les gorges en direction de la commune voisine d'Entrecasteaux (cf. Illustration 92).

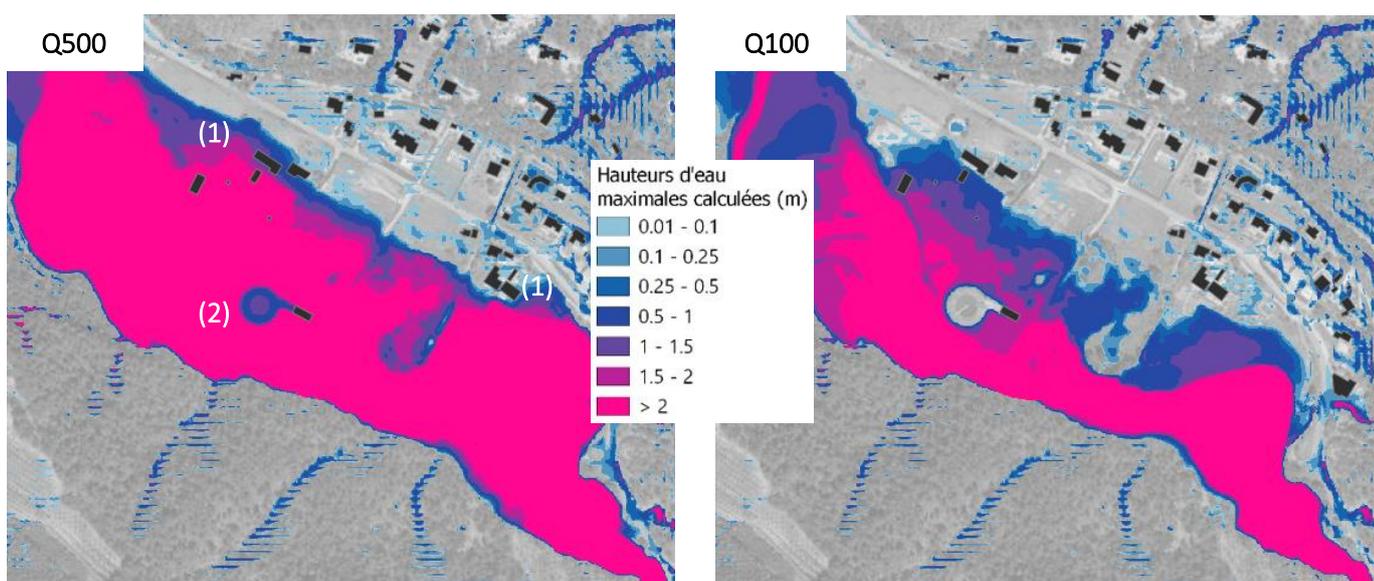


Illustration 92 : Comparaison des hauteurs d'eau sur la partie aval du Plan avant l'entrée dans les gorges d'Entrecasteaux

Sur ce secteur l'emprise de crue est grandement augmentée et impacte des habitations jusqu'alors hors d'eau (1). La station d'épuration est entourée par des lames d'eau pouvant atteindre 3 m (2).

B.II.4. Capacité des cours d'eau

L'étude des différentes crues permet de définir la capacité hydraulique maximale pour chaque cours d'eau. Ces capacités ont été prises sur des secteurs stratégiques où les débordements ont lieu en premier. La capacité hydraulique du vallon de la Brague n'a pas pu être déterminée en raison de sa morphologie. En effet, ce cours d'eau est fortement encaissé et permet le passage d'un débit centennal sans débordement. L'illustration suivante dresse le bilan des capacités des cours d'eau aux points de débordement les plus sollicités.

Ce travail met clairement en évidence une diminution progressive de la capacité hydraulique de la Bresque au fur et à mesure qu'elle s'écoule dans la zone du Plan. De nombreux secteurs non urbanisés permettent cependant à la rivière de déborder sans contrainte notable et ainsi de s'écouler librement en direction des gorges fermant la plaine de Salernes.

C. ALÉA INONDATION



C.I. DÉFINITION DE L'ALÉA

C.I.1. Méthodologie

La qualification de l'aléa inondation, qu'il provienne du débordement des cours d'eau ou du ruissellement est déterminée par croisement des résultats obtenus sur les hauteurs d'eau et les vitesses maximales. La dernière grille d'aléa fournie par la DDTM du Var est la suivante.

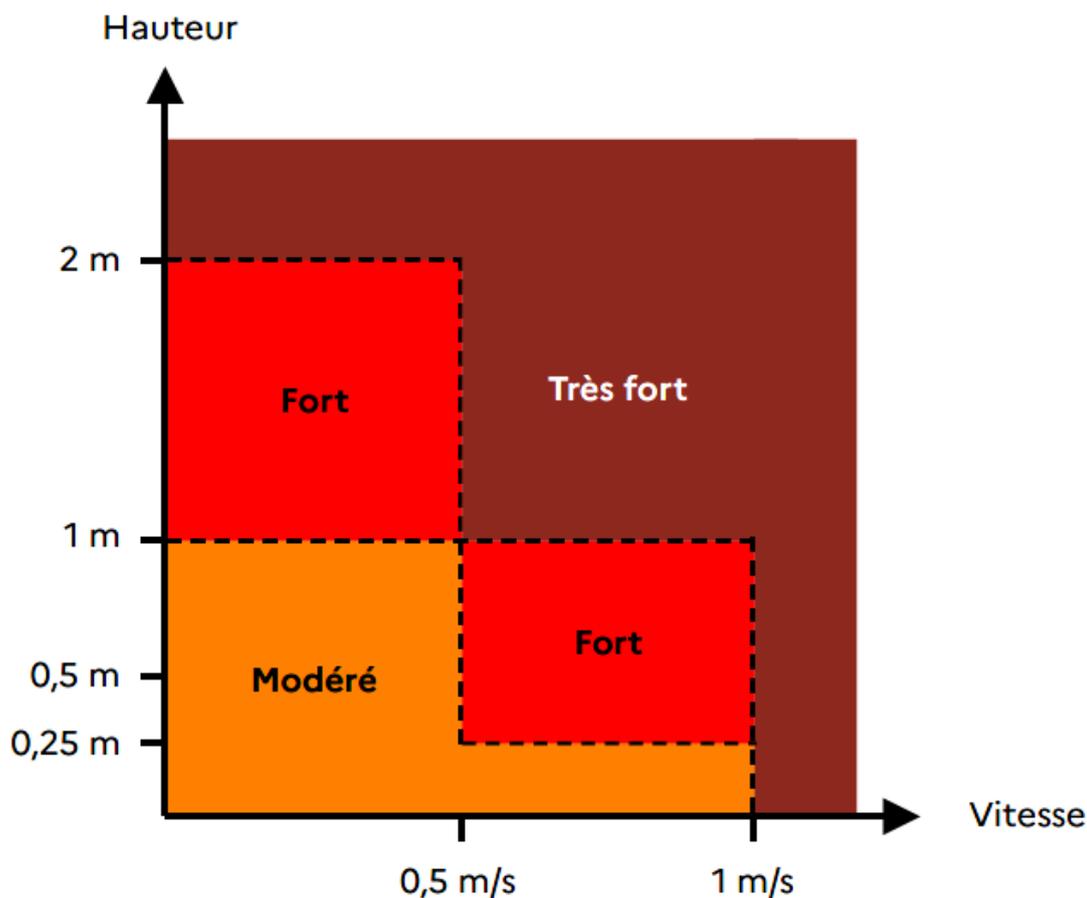


Illustration 94 : Grille utilisée pour la définition de l'aléa inondation (Source : DDTM 83)

Ainsi pour la crue de référence, ici **la crue associée à une pluie de projet Keifer de période de retour 100 ans** (pluie construite avec les coefficients de Montana de la station d'AUPS), les résultats des vitesses et des hauteurs sont croisés. Ce croisement permet, à l'échelle de la zone de modélisation, de définir les différentes zones d'aléa. Cette donnée d'aléa est ensuite recoupée avec les zones d'enjeux dans lesquelles des précautions particulières doivent être prises si un risque est identifié (adaptation de l'aménagement du territoire, mesure de réduction de la vulnérabilité, etc.).

En dehors de la zone de modélisation hydraulique, la définition de l'aléa suit l'emprise de la cartographie hydrogéomorphologique réalisée en phase 1, mais ne permet pas de différenciation du niveau d'aléa. La cartographie HGM permet aussi de compléter la cartographie de l'aléa sur la zone de modélisation, sur les secteurs où la modélisation n'aurait pas mis en évidence d'aléa.

La classification retenue lorsque la donnée HGM est utilisée suit la méthode suivante :

	Débordement de cours d'eau	Ruissellement concentré et diffus
Emprise de zone de modélisation	Aléa Résiduel	Aléa Résiduel
Hors emprise de zone modélisée	Aléa débordement de cours d'eau indifférencié	Aléa ruissellement Indifférencié

La classification « aléa résiduel » correspond aux zones où une inondation par débordement de cours d'eau ou par ruissellement peut avoir lieu, mais que la modélisation de l'évènement de référence ne met pas clairement en évidence.

- Dans le cas du débordement de cours d'eau, il s'agit de la zone d'emprise de crue maximale définie au sens de l'approche HGM, généralement supérieure à l'emprise de crue centennale.
- Dans le cas du ruissellement, il s'agit des axes n'étant pas suffisamment marqués pour que le modèle hydraulique permette une identification évidente. Ceci est généralement lié aux limites de la modélisation dans les zones de ruissellement à forte pente.

La classification comme **aléa indifférencié**, que ce soit pour le ruissellement ou le débordement de cours d'eau est lié à une **absence de connaissance précise des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement**. En l'absence de ces données, produites uniquement par modélisation hydraulique, l'aléa ne peut pas être catégorisé selon la grille d'aléa de la DDTM du Var retenue dans l'arrêté du décret PPRi du 5 juillet 2019.

La définition des différentes zones d'aléa se base sur les éléments suivants :

- Croisement des cartographies de hauteur d'eau et de vitesse ;
- Cartographie suivant la méthode hydrogéomorphologique (HGM) ;
- Cartographie EXZCEO ;
- Modèle numérique de terrain de résolution de pixel 1mx1m (issu du Lidar HD de l'IGN).

Différents traitements informatiques de la donnée modélisée visant à réduire les discontinuités cartographiées ont été utilisés. Les délimitations finales sont réalisées manuellement en confrontant les différentes données évoquées précédemment.

C.I.2. Cartographie de l'aléa

La cartographie complète de l'aléa est consultable dans l'atlas cartographique joint à ce rapport.

Les illustrations qui suivent s'attachent à identifier et décrire les zones d'aléa situées à proximité d'enjeux et donc à l'origine d'un risque pour ces derniers.

Sur le secteur du centre-ville, de nombreuses zones sont identifiées en aléa très fort (1). Les hauteurs d'eau y dépassent rarement 20 cm, mais les vitesses y sont généralement supérieures à 1 m/s. Sur les versants à fortes pentes situés autour du village (2), le ruissellement diffus conduit à un classement de certains secteurs en aléa modéré. Sur le secteur de la Brague et du vallon de Parouvier (3), les débordements liés au sous-dimensionnement des ouvrages hydrauliques sont à l'origine d'un aléa très fort à proximité des habitations existantes.

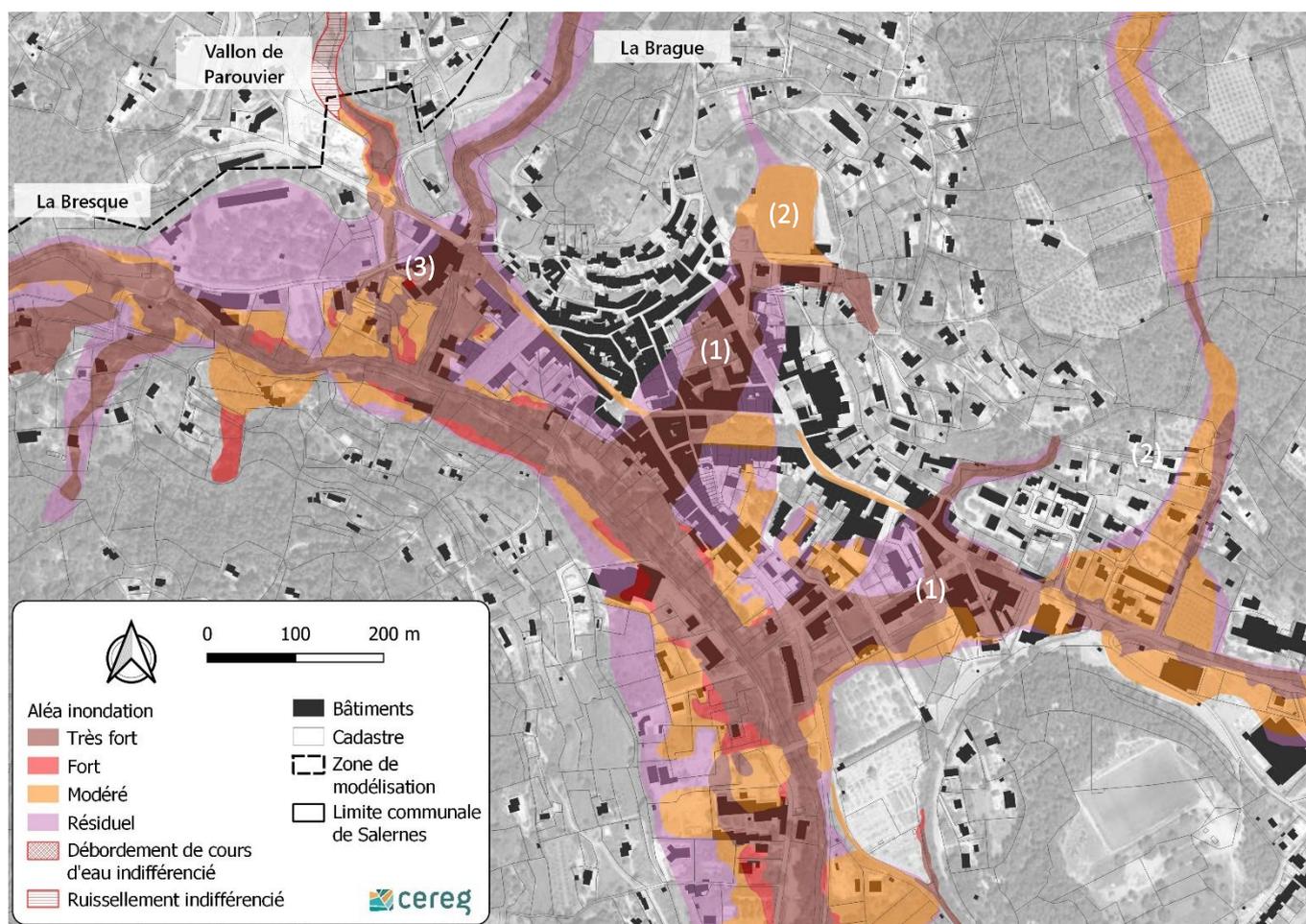


Illustration 95 : Aléa inondation sur le secteur du centre-ville de Salernes

Plus au nord, sur le vallon de la Brague (1), le cours d'eau ne déborde pas, mais des zones d'aléa liées aux ruissellements sont identifiées au pied de versant. Quelques habitations sont situées à proximité de ces zones d'aléa. Sur ce secteur, l'avenue de l'Europe (2) draine les eaux et les concentre (phénomène aggravé dans le modèle en raison de l'absence de représentation du réseau de drainage de la voirie). Un axe d'écoulement marqué, d'un niveau d'aléa parfois modéré parfois très fort se situe alors à proximité des habitations (3).

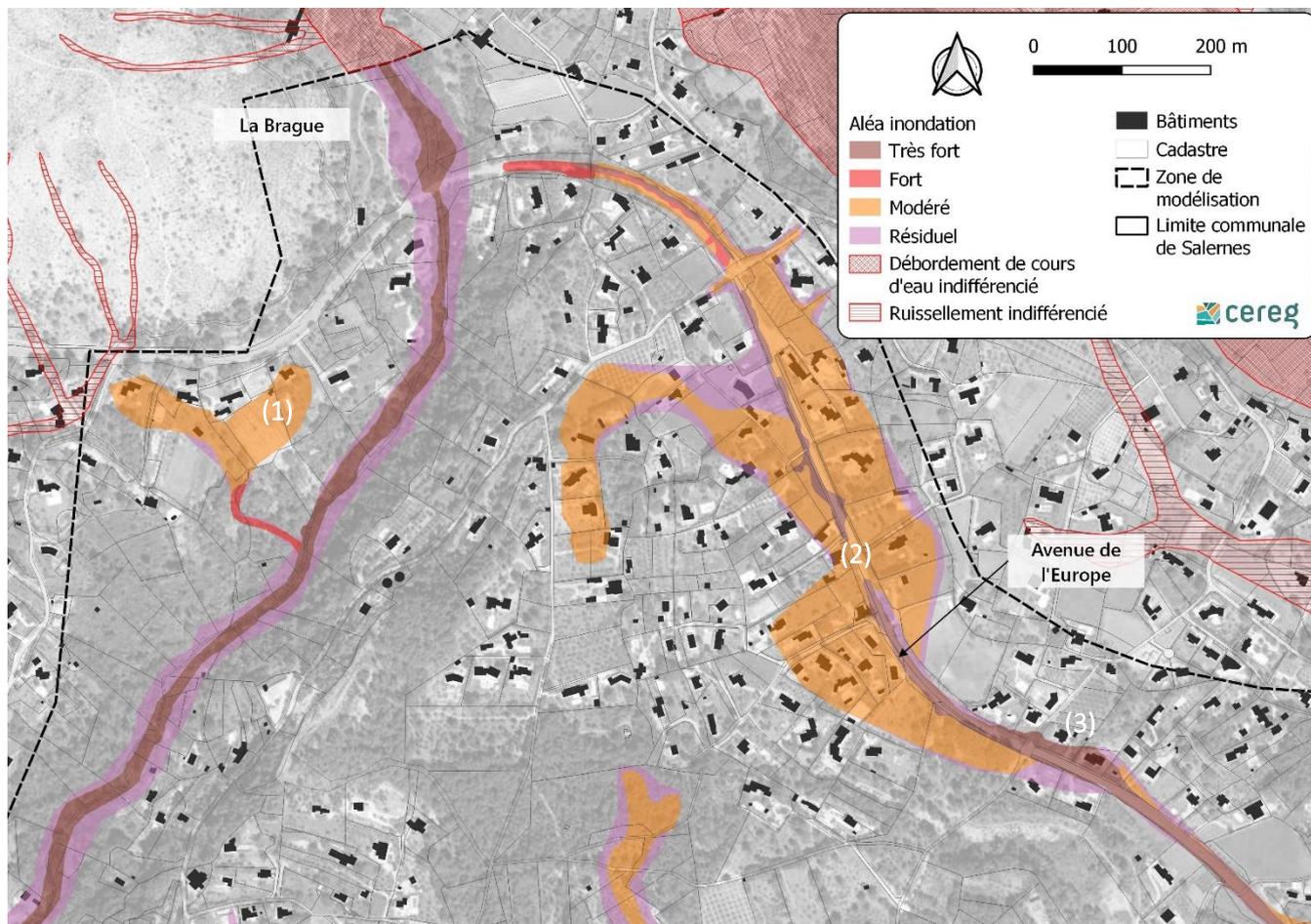


Illustration 96 : Aléa inondation sur le secteur nord du Gaudran et Avenue de l'Europe

Cet axe d'écoulement, sur l'avenue de l'Europe, est ensuite caractérisé par un niveau d'aléa très fort (1). Il s'écoule en direction du vallon de la Combe Amère où il traverse des zones d'habitats avant de rejoindre ce dernier. Au point de confluence, une vaste zone inondée est caractérisée par un aléa majoritairement très fort (2).

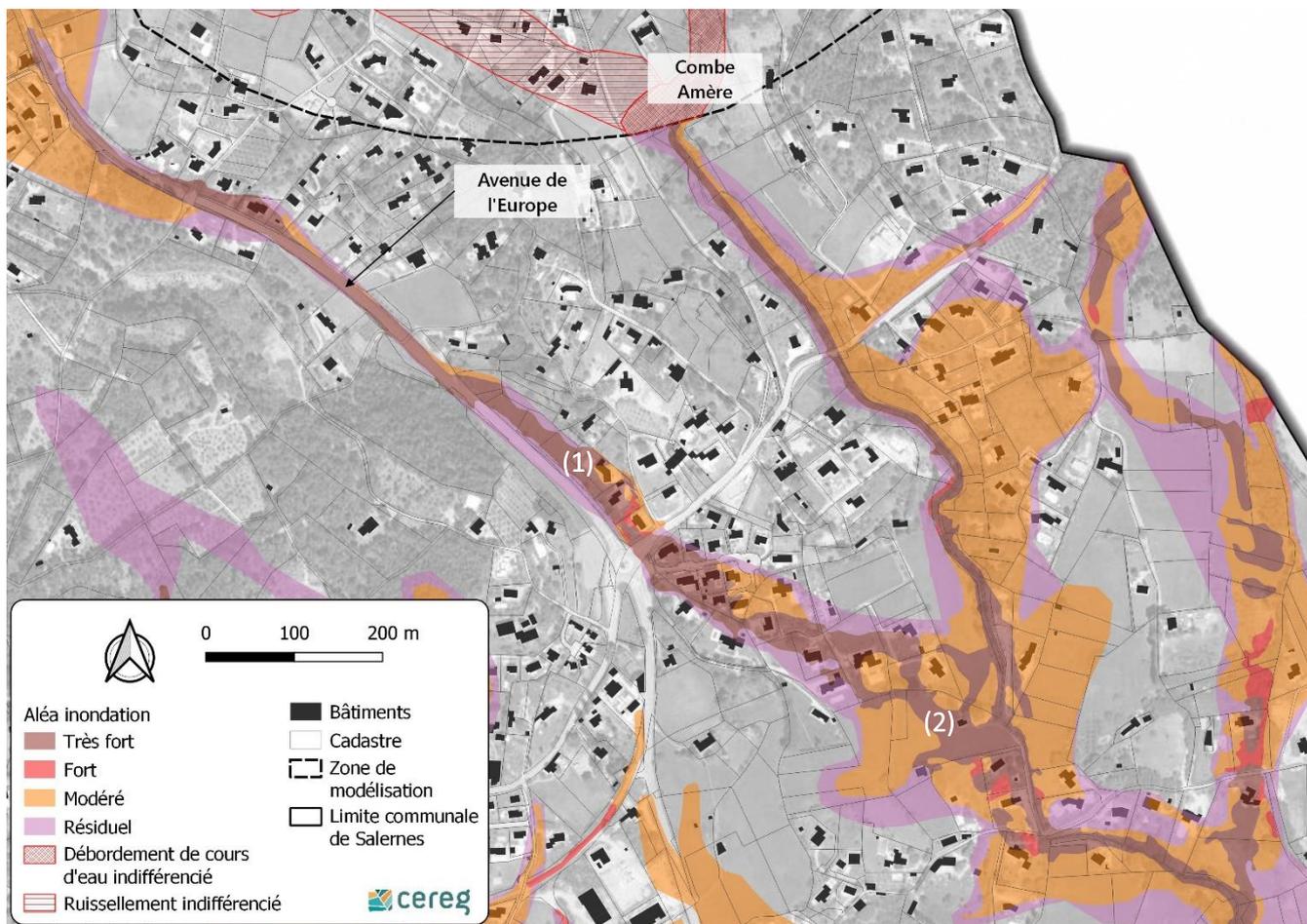


Illustration 97 : Aléa inondation sur le secteur de la Combe Amère et de l'avenue de l'Europe

Sur ce dernier secteur et plus en aval (1), de vastes zones d'inondation sont caractérisées par un aléa modéré ou résiduel. En effet, les versants de faible pente à cet endroit ne concentrent pas les eaux et ces dernières sont à l'origine d'un écoulement majoritairement diffus. Les niveaux d'aléa s'aggravent progressivement à mesure que l'on se rapproche des cours d'eau où les axes se concentrent. Quelques bâtiments en amont du point de confluence entre la Combe Amère et le vallon du Pelcourt sont alors impactés par des niveaux d'aléa variables (2).

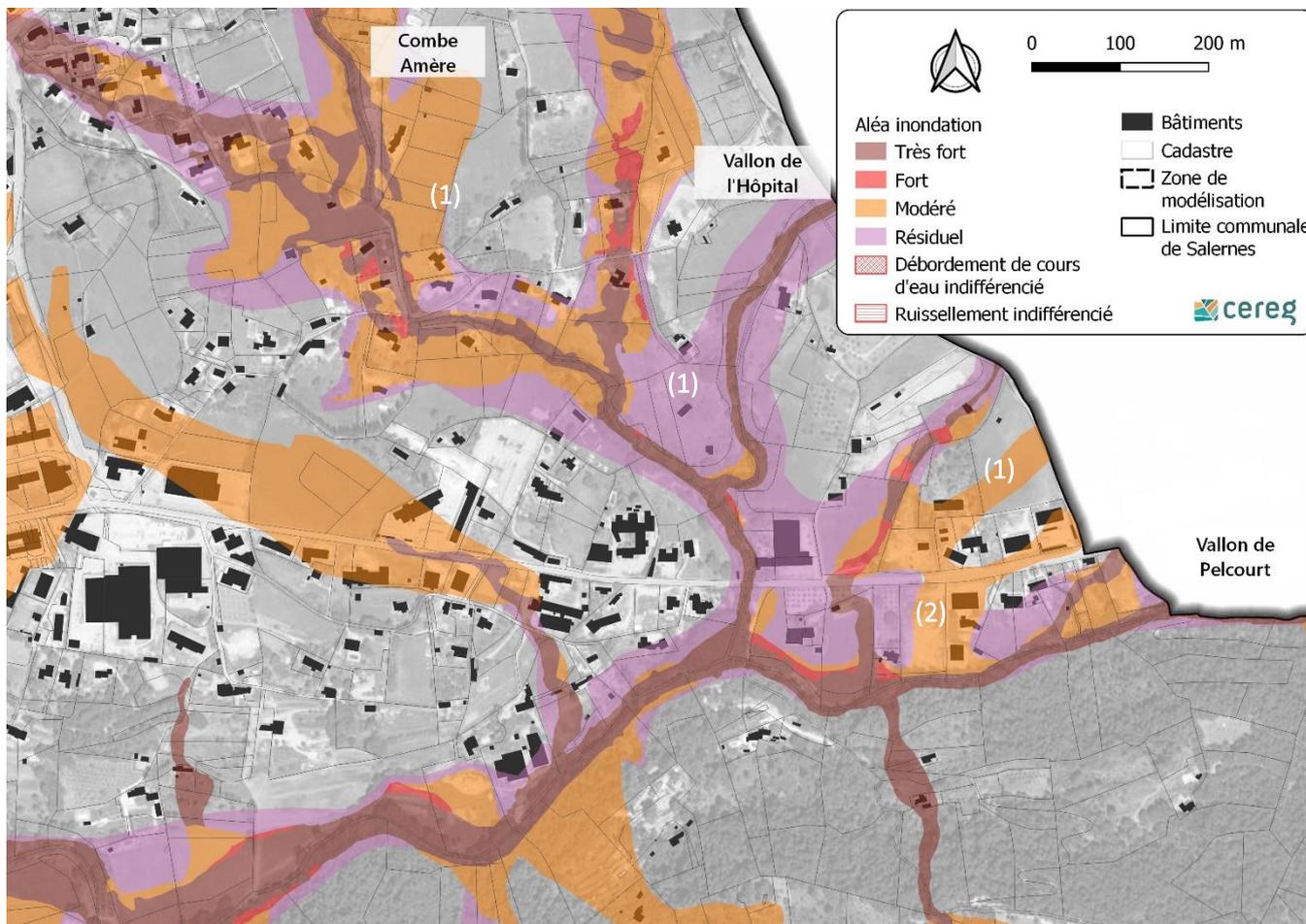


Illustration 98 : Aléa inondation sur le secteur confluence Pelcourt, Combe Amère et Hôpital

Toujours sur le secteur nord du Pelcourt, aux alentours du quartier de la Baume (1), un axe de ruissellement fortement marqué, en aléa fort traverse des habitations et des bâtiments d'activités (2). Autour de cet axe, de nombreux bâtiments sont situés dans une zone d'aléa modéré (3).

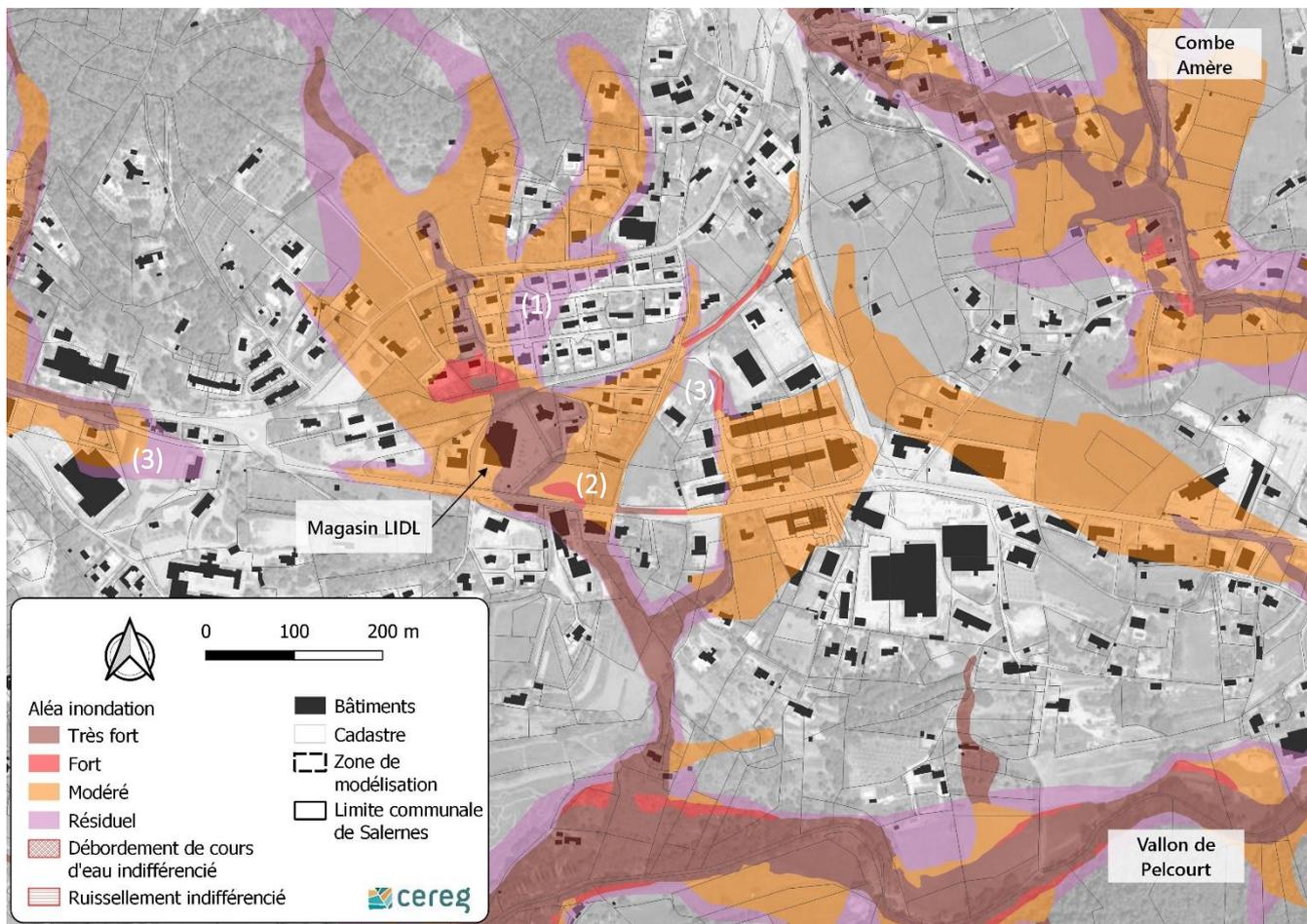


Illustration 99 : Aléa inondation sur le secteur zone d'activités et Pelcourt

En aval, sur le secteur du Plan, où le Gaudran et le Pelcourt confluent vers la Bresque, les zones d'aléa sont de niveau fort à très fort à proximité du lit mineur et des axes de débordement. À ces endroits, très peu de bâtiments sont construits. Une exception est observée à proximité du point de confluence entre le Gaudran et la Bresque. En effet, à cet endroit, comme évoqué précédemment, des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement importantes sont calculées. Quelques habitations sont exposées aux inondations par débordement du Gaudran avec un niveau d'aléa très fort (1).

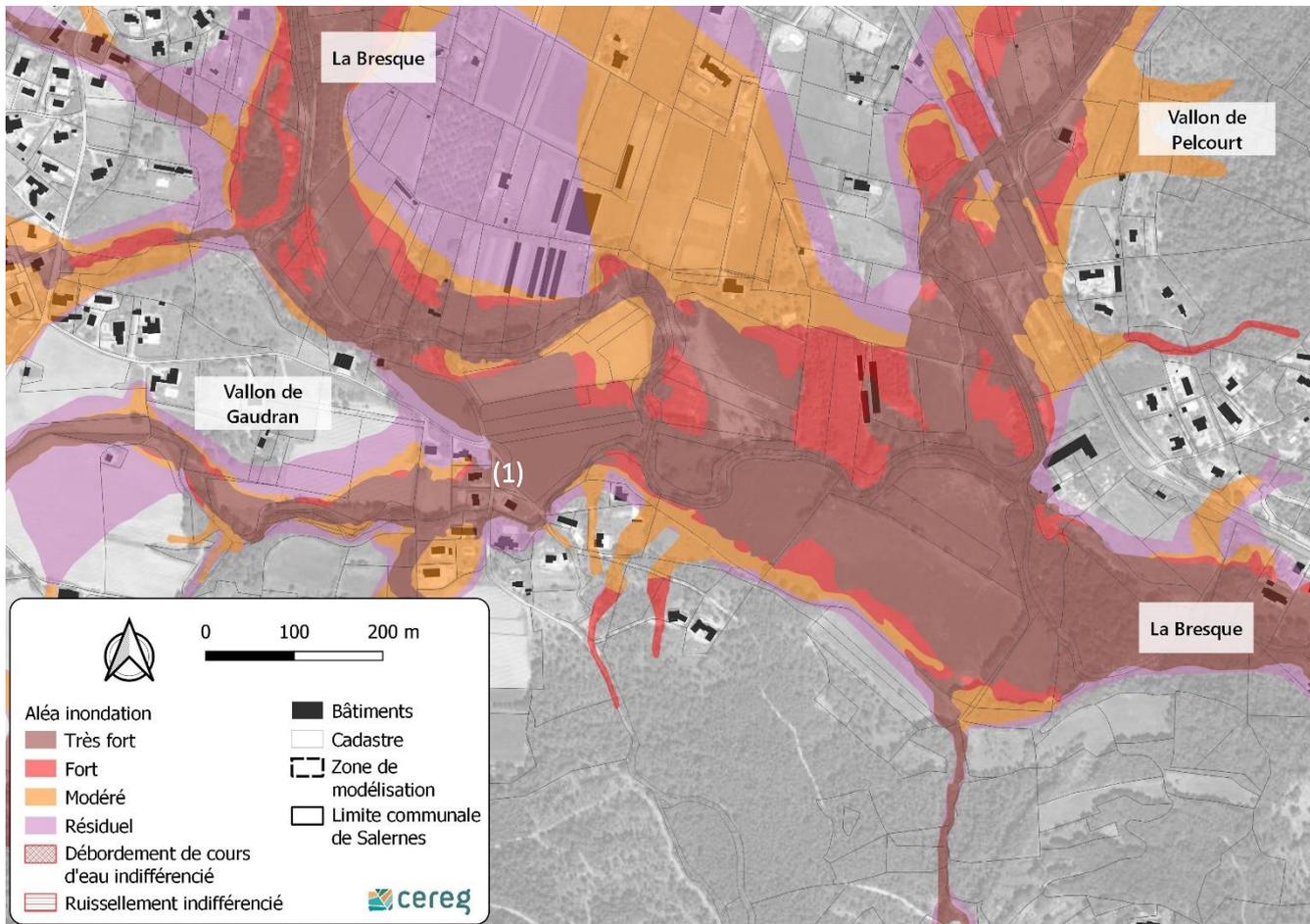


Illustration 100 : Aléa inondation sur le secteur confluence Gaudran, Pelcourt et Bresque

En amont, sur les versants du vallon du Gaudran et les quartiers résidentiels voisins, quelques axes d'aléa très forts sont identifiés et correspondent aux axes d'écoulement préférentiels empruntés par les ruissellements (1). Quelques bâtiments sont positionnés dans une emprise d'aléa très fort (2), mais la majeure partie est plutôt située dans une zone d'aléa modéré (3). Dans ces zones, les ruissellements sont existants, mais peu concentrés.

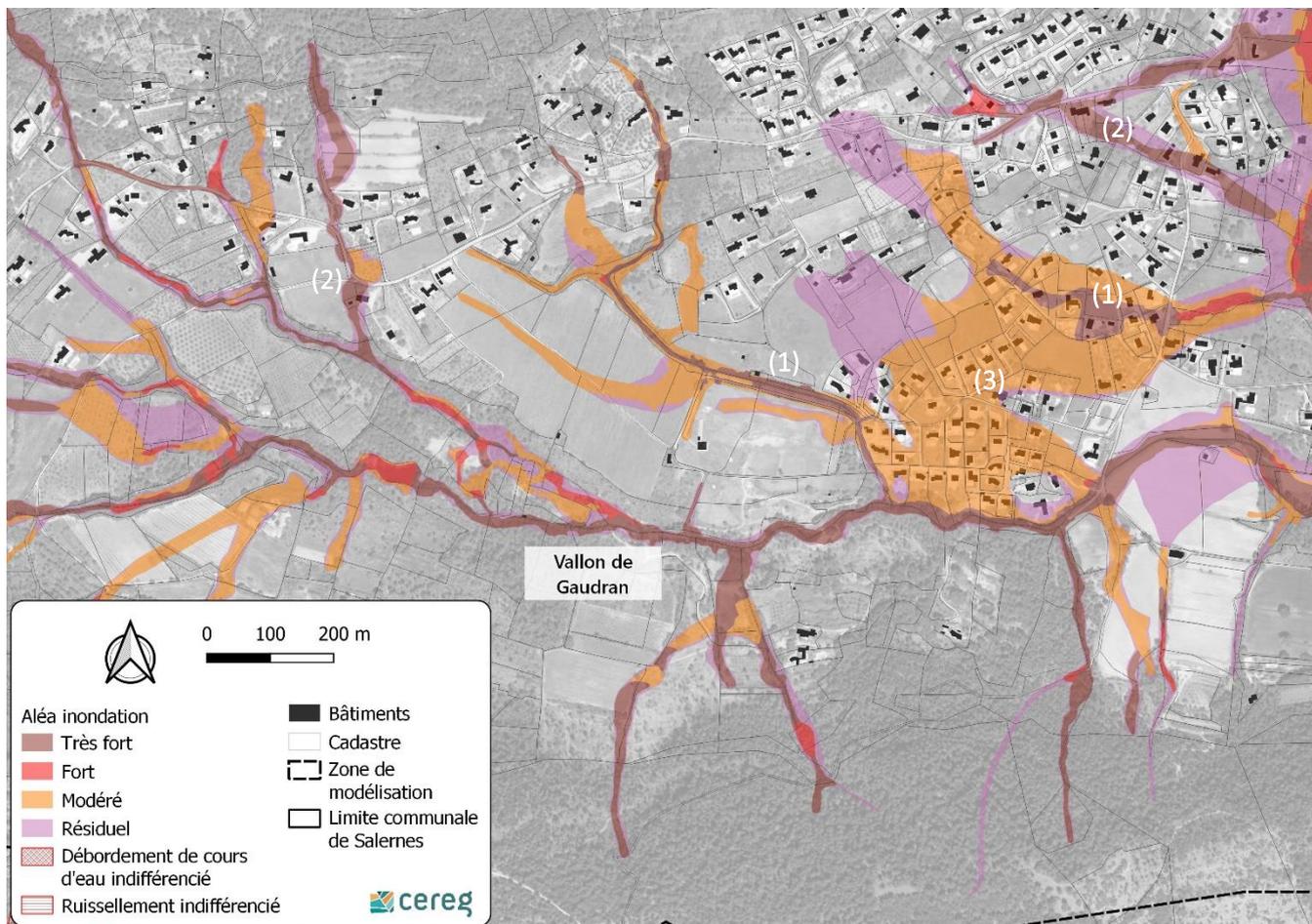


Illustration 101 : Aléa inondation sur le secteur du Gaudran

Plus en aval sur la Bresque, en direction des gorges d'Entrecasteaux, l'emprise d'aléa fort et très fort est étendue sur une partie de la plaine, plus resserrée à cet endroit. La station d'épuration, équipement stratégique pour la commune, est notamment située en aléa très fort (1). Autour de cette enveloppe d'aléa très fort, des ruissellements provenant des versant présentent des niveaux d'aléa modéré, voire résiduel, (2).

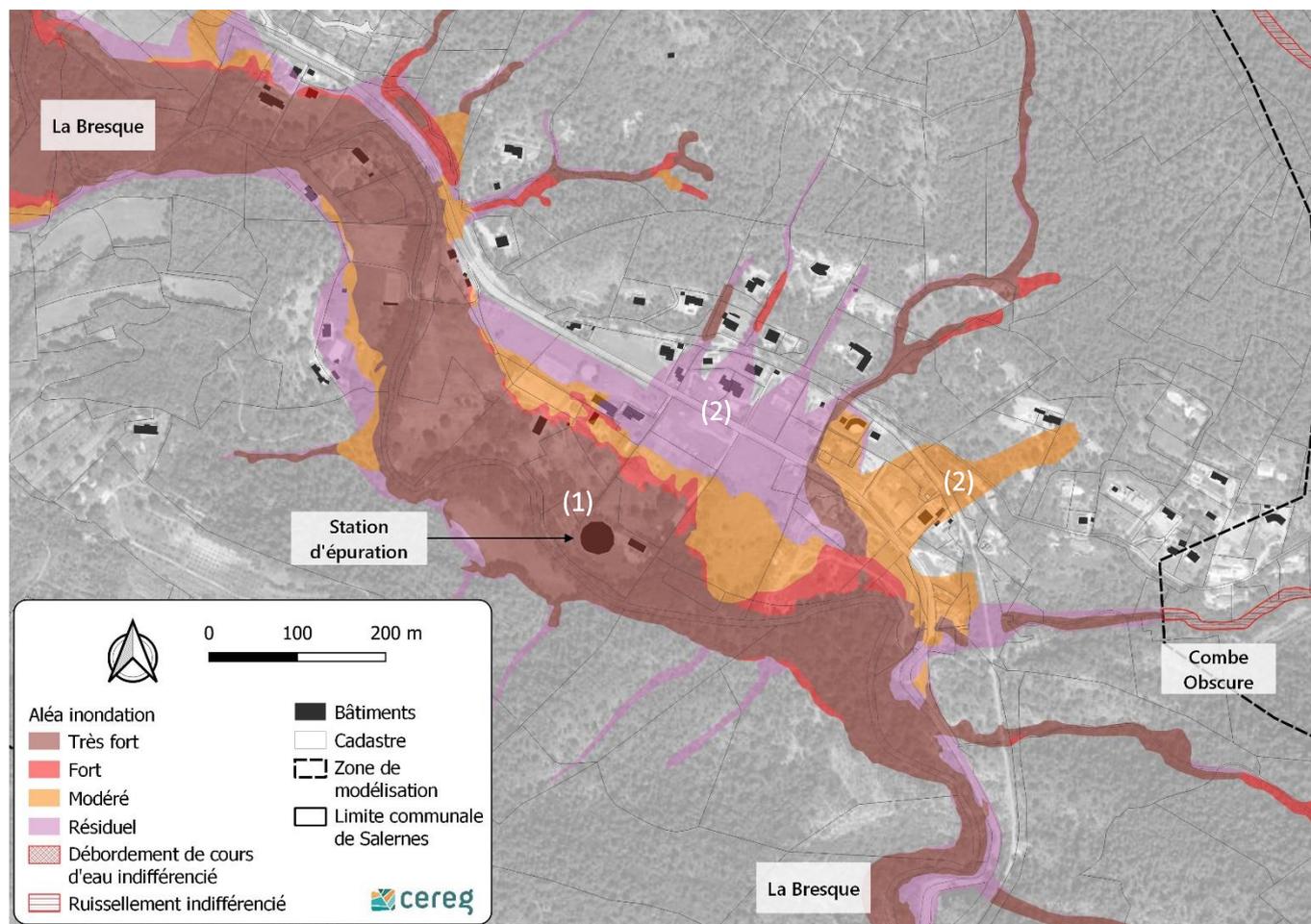


Illustration 102 : Aléa inondation à l'entrée des gorges d'Entrecasteaux

L'exploitation de la cartographie de l'aléa en dehors de la zone de modélisation (utilisation de la donnée HGM) permet d'identifier aussi quelques secteurs où des enjeux sont menacés par un niveau d'aléa indifférencié.

Le premier se situe sur l'accès ouest de la commune depuis la route provenant de la commune voisine de Sillans-la-Cascade. Des axes d'écoulement marqués sont à l'origine d'un aléa indifférencié. Ces axes recoupent la voirie (1) et s'écoulent à proximité d'habitations ou de bâtiments d'activités, avec notamment, le lotissement Saint-Michel et la zone d'activités de la Combe.

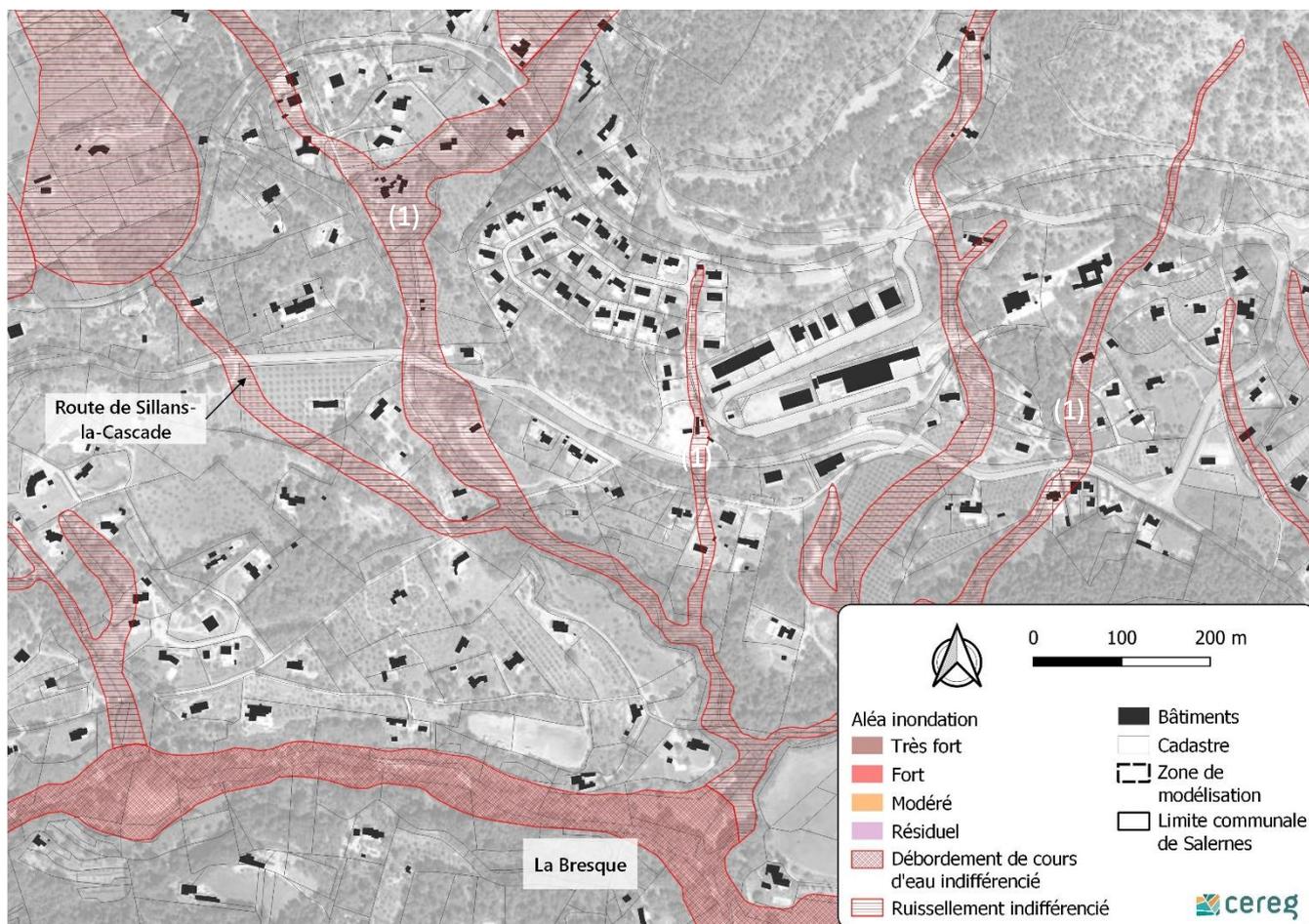


Illustration 103 : Aléa inondation sur le secteur de la zone d'activités de la Combe

Plus au sud, en bordure de Bresque, une zone d'habitat diffus est parcourue par plusieurs axes d'écoulement l'origine d'un aléa inondation de niveau indifférencié. Quelques habitations sont positionnées au sein de l'emprise définie (1).

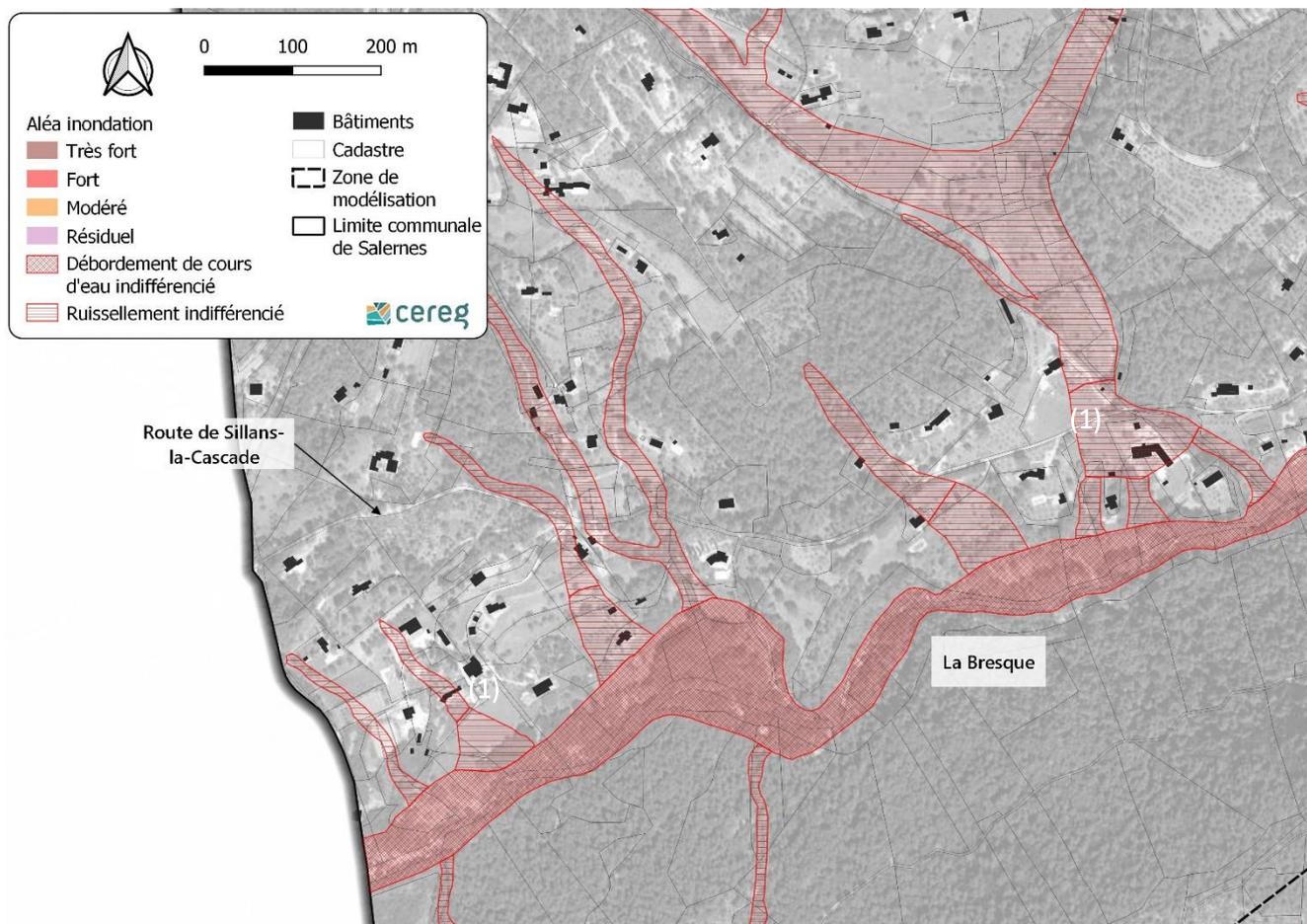


Illustration 104 : Aléa inondation sur le secteur ouest de Salernes

Enfin, au nord-est de la commune, sur le vallon de la Combe Amère, en dehors la zone étudiée plus en détail par modélisation, une vaste zone d'aléa est identifiée (1). À cet endroit, quelques bâtiments sont construits et positionnés dans l'emprise d'aléa indifférencié en raison d'une absence de connaissance des phénomènes de débordement et d'inondation du secteur.

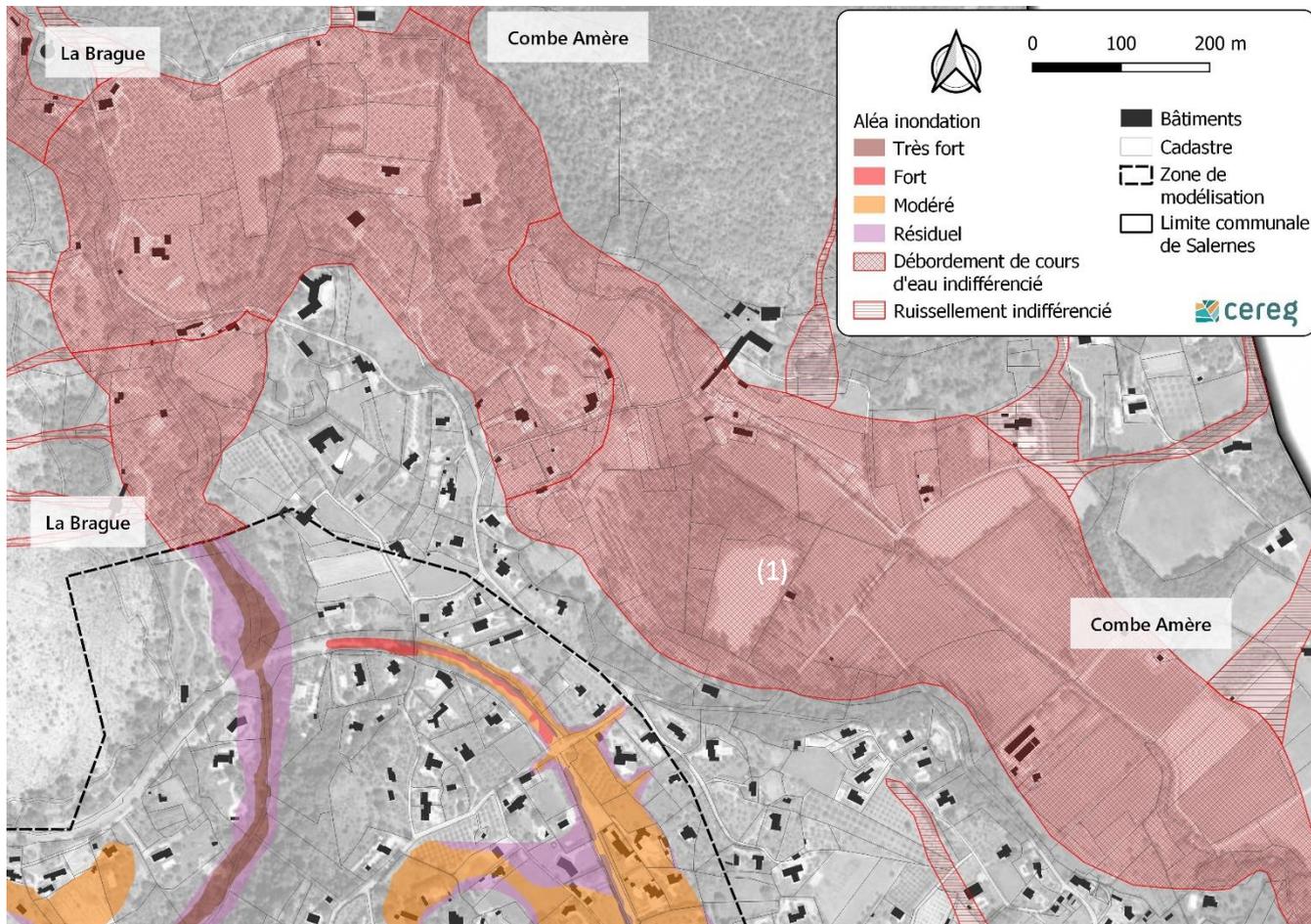


Illustration 105 : Aléa inondation sur le secteur nord de la Combe Amère et de la Brague

C.II. CROISEMENT ALÉA/ENJEU

C.II.1. Caractérisation des enjeux

Le terme « enjeux » désigne l'ensemble des personnes, biens, activités, moyens et patrimoines susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel, une crue ou du ruissellement dans le cas d'espèce. La caractérisation des enjeux traduit le mode d'occupation du sol ; elle est conduite en identifiant :

- Les enjeux ponctuels qui, étant donné leurs fonctions, sont exposés particulièrement au risque inondation : il s'agit des établissements utiles à la gestion des crises (pompiers, forces de l'ordre...), des établissements sensibles (hôpitaux, crèches, locaux hébergeant des populations à mobilité réduite...), des établissements susceptibles de drainer une population importante (grands magasins, cinémas ...) et qui peuvent faire l'objet de mesures particulières de réduction de la vulnérabilité ;
- Les enjeux surfaciques qui permettent de caractériser l'occupation de l'espace selon la répartition en trois zones suivantes :
 - Le centre urbain dense (CUD) ;
 - Les Zones Peu ou Pas Urbanisées (ZPPU) ;

Enjeux ponctuels

Dans le cadre du diagnostic du PAPI d'intention de l'Argens, l'Action 22 « Diagnostic de l'état actuel des enjeux et de leur vulnérabilité sur le bassin versant de l'Argens », réalisée en 2016 par Egis Eau, établit un inventaire des enjeux en zone inondable. La réalisation de cette étude repose sur 3 phases :

- La réalisation d'un recensement des enjeux sur l'ensemble du bassin versant de l'Argens ;
- L'élaboration d'un guide méthodologique de réalisation des Analyses MultiCritères ;
- La réalisation d'un diagnostic du territoire proposant notamment la caractérisation de la vulnérabilité et un calcul des montants des dommages.

Les enjeux recensés dans cette étude ont permis de distinguer

- Les bâtiments à destination d'habitation ;
- Les établissements publics ;
- Les bâtiments d'activités économiques ;
- Le réseau routier ;
- Les stations d'épuration ;
- Les bâtiments patrimoniaux et les sites remarquables.

Enjeux surfaciques

Les différentes zones sont définies dans le cadre de la phase 3.

C.II.2. Enjeux ponctuels et aléa inondation

Le croisement d'une partie des enjeux identifiés dans l'action 22 du PAPI d'intention réalisée par EGIS (vérifiés dans le cadre de cette phase 1) avec **la cartographie de l'aléa** permet d'identifier les bâtiments, les activités économiques, les équipements publics et stratégiques du territoire concernés. Ce croisement, en plus de statuer sur le caractère inondable ou non de l'enjeu étudié, permet de caractériser le niveau d'aléa auquel il est exposé.

Les données utilisées pour les activités économiques en phase 1 proviennent aussi de l'action 22 du PAPI d'intention. EGIS a utilisé une méthodologie permettant de géolocaliser la base de données SIREN où figurent les informations relatives aux entreprises. Une nouvelle identification des établissements d'activités et entreprises a été réalisée pour cette phase 2. Elle utilise la base de données des établissements d'activités régionaux de 2020 inscrits au registre du commerce et des sociétés (etab_2020). Les entités correspondant à des commerces, des bâtiments d'entreprise ou des établissements stratégiques dans l'emprise définie pour l'aléa inondation sont retenues. Ces données sont complétées avec les différentes données à disposition.

Type	Aléa très fort et fort	Aléa modéré	Aléa indifférencié	Aléa résiduel
Bâtiments (tous confondus)	547 (10% du nombre total)	650 (11% du nombre total)	233 (4% du nombre total)	423 (7% du nombre total)
Activités économiques et établissements d'activités	49 (25% du nombre total d'entreprise)	44 (23 % du nombre total d'entreprise)	1 (< 1 % du nombre total d'entreprise)	27 (14 % du nombre total d'entreprise)
Équipements publics	Vétérinaire (route d'Entrecasteaux) Musée Terra Rossa Crèche le petit câlin Salle de soirée (route d'Entrecasteaux) Cinéma la Tomette École primaire du Plantier Salle polyvalente du Plantier	Maison de retraite Mairie ESAT IME	-	Cabinet médical Razafindramboa (Guy) Foyer Logement Pierre Gaudin
Équipements stratégiques	Station d'épuration 5 postes de relevage 2 équipements de régulation AEP	1 postes de relevage 1 équipements de régulation AEP 1 station AEP	5 sources 1 réservoir AEP	

Tableau 32 : Synthèse des enjeux clés situés dans l'emprise les différentes zones d'aléa définies

Le croisement réalisé entre les enjeux ponctuels et la couche d'aléa définie dans le cadre de l'étude met en évidence qu'environ **10% des bâtiments de la commune de Salernes (547 bâtiments) sont positionnés dans l'emprise d'aléa fort et très fort**. Pour rappel, ce niveau d'aléa représente un danger significatif vis-à-vis des personnes et des infrastructures. Ce croisement met aussi en évidence que 11% des bâtiments (650 bâtiments) sont concernés par un niveau d'aléa modéré pour lequel le danger est réduit, mais non nul. 423 bâtiments, soit 7% du nombre total à Salernes sont dans l'emprise d'un aléa de niveau résiduel. Cet aléa caractérisé par des hauteurs d'eau faibles et des vitesses faibles n'exclut pas la présence d'une lame d'eau pouvant inonder les bâtiments de plain-pied ou les caves par exemple. Enfin, 233 bâtiments, soit 4% sont positionnés dans une emprise d'aléa indifférencié. Dans ces zones, la connaissance des dynamiques d'inondation n'est pas suffisante pour conclure précisément sur le niveau de danger pouvant exister. Sur ces secteurs, en l'absence de données plus précises, une grande précaution doit être retenue vis-à-vis du risque inondation et des installations existantes et futures.

Les établissements d'activités et entreprises potentiellement impactés par l'aléa inondation sont présentés dans le tableau placé en annexe 3. Pour chaque entité, lorsque les informations sont connues, le nom de l'entreprise, le SIRET et le niveau d'aléa impliqué sont renseignés. Les niveaux d'aléa fort et très fort sont confondus.

La superposition de la cartographie de l'aléa et des enjeux met aussi en évidence un nombre important d'équipements publics et stratégiques positionnés dans l'emprise d'aléa fort à très fort. Des lieux de culture, de rassemblement et d'éducation pouvant recevoir des personnes sensibles (enfants et personnes âgées) comme la crèche « Petit Câlin », l'école primaire ou encore la salle polyvalente du Plantier sont positionnées dans l'emprise de l'aléa fort à très fort. Des équipements stratégiques pour la commune, comme la station d'épuration et 5 postes de relevage, sont positionnés dans l'emprise d'aléa fort à très fort eux aussi. La défaillance de ces ouvrages peut être à l'origine d'un problème sanitaire et environnemental important. Les cartographies de ces différents enjeux ponctuels sont placées dans l'atlas cartographique joint à ce document (planches 8-3, 8-4, 8-5).

Toujours en considérant les points stratégiques de la commune, les routes principales sont aussi impactées **par l'aléa inondation fort à très fort** avec différentes implications :

- Route d'Entrecasteaux au franchissement du Pelcourt → aucun accès de substitution pour aller rapidement en direction d'Entrecasteaux (impactée par le débordement du Pelcourt au passage d'un débit de 90 m³/s) ;
- Rue Jean Jacques Rousseau au franchissement du vallon de Parouvier et de la Brague (impactée par le débordement des vallons de Parouvier et de la Brague au passage d'un débit de 25 m³/s) ;
- Cours Théodore Bouge dans le centre-ville de Salernes (impactée par les ruissellements) ;
- Boulevard de la Libération → boulevard donnant accès à la gendarmerie et aux pompiers, services indispensables pour la gestion de crise (impactée par les ruissellements) ;
- Route de l'Europe (impactée par les ruissellements) ;
- Route de Draguignan en limite est de la commune de Salernes (impactée par les ruissellements) ;
- Route des Quatre Chemins, chemin du bas Gaudran et chemin des Grangues sur le secteur résidentiel du Gaudran → blocage de certains accès aux habitations (impactées par les ruissellements) ;
- Chemin du Serre sur le secteur du Gaudran (impactée par le débordement du Gaudran au passage d'un débit de 0,5 m³/s et par les ruissellements).

Remarque : Tous les axes impactés par du ruissellement le sont pour n'importe quelle pluie notable. Les implications pour la gestion de crise et les dommages aux structures augmentent avec l'intensité de l'évènement.

D. ANNEXES



Annexe 1 : Table des Curve Number - SCS

CODE	TYPE	Classe du SCS			
		A	B	C	D
122	Reseaux routier et ferroviaire et espaces associes	99	99	99	99
123	Zones portuaires	99	99	99	99
124	Aeroports	99	99	99	99
244	Espaces agro-forestiers	25	55	70	77
311	Forets de feuillus	25	55	70	77
312	Forets de coniferes	25	55	70	77
313	Forets melangees	25	55	70	77
324	Foret et vegetation arbustive en mutation	25	55	70	77
335	Glaciers et neiges eternelles	25	55	70	77
111	Tissu urbain continu	89	92	94	95
211	Terres arables autres que serres	67	76	83	86
212	Cultures irriguees en permanence ou periodiquement (hors rizieres)	67	76	83	86
213	Rizieres	67	76	83	86
214	Zones a forte densite de serres	67	76	83	86
221	Vignobles	67	76	83	86
222	Arboriculture autre que oliviers	67	76	83	86
223	Oliveraies	67	76	83	86
224	PAPAM	67	76	83	86
241	Cultures annuelles associees aux cultures permanentes	67	76	83	86
242	Systemes culturaux mixtes et petits parcelaires complexes	67	76	83	86
243	Territoires principalement occupes par l'agriculture avec presence de vegetation	67	76	83	86
334	Zones incendiees	67	76	83	86
413	Autres zones humides et interieures	67	76	83	86
411	Marais interieurs et roselieres	100	100	100	100
412	Tourbieres	100	100	100	100
421	Marais maritimes	100	100	100	100
422	Marais salants	100	100	100	100
511	Cours et voies d'eau	100	100	100	100
512	Plans d'eau	100	100	100	100
521	Lagunes littorales	100	100	100	100
523	Mers et Oceans	100	100	100	100
141	Espaces ouverts urbains	68	79	86	89
142	Equipements sportifs et de loisirs	68	79	86	89
231	Prairies	30	58	71	78
321	Pelouses et paturages naturels	30	58	71	78
322	Landes et broussailles	30	58	71	78
323	Maquis et garrigues	30	58	71	78
331	Plages	1	1	1	1
332	Roches et sols nus	76	85	89	91
333	Vegetation clairsemee	30	58	71	78
112	Tissu urbain discontinu	77	85	90	92
113	Espaces de bati diffus et autres batis	51	68	79	84
121	Zones d'activites et equipements	89	92	94	95
131	Extraction de materiaux	89	92	94	95
132	Decharges	89	92	94	95
133	Chantiers	89	92	94	95

Annexe 2 : Table des coefficients de ruissellement

Occupation du sol		Pluie annuelle-biennale Q1 - Q2	Pluie centennale à exceptionnelle (sols saturés en eau) Q100 – Qrare – Qexcep
Zones urbaines		0,80	0,90
Zones industrielles et commerciales		0,60 – 0,80	0,70 – 0,90
Toitures		0,90	1
Pavages, chaussée revêtue, piste		0,85	0,95
Sols perméables avec végétation	Pente		
	<2%	0,05	0,25
	2%<I<7%	0,10	0,30
	>7%	0,15	0,40
Sols imperméables avec végétation	Pente		
	<2%	0,13	0,35
	2%<I<7%	0,18	0,45
	>7%	0,25	0,55
Forêts		0,10	0,25
Résidentiel	lotissements	0,30 – 0,50	0,40 – 0,70
	collectifs	0,50 – 0,75	0,60 – 0,85
	habitat dispersé	0,25 – 0,40	0,40 – 0,65
Terrains de sport		0,10	0,30

Annexe 3 : Entreprises et établissements d'activités situés dans l'emprise de l'aléa inondation

SIRET	Enseigne	Raison sociale	Adresse	Type d'activité	Niveau d'aléa
42351300100010	-	PHARMACIE DU COURS SNC	6 CRS THEODORE BOUGE		FORT
38421876400023	LES BRICONAUTES	IDECOR	9 BD DE LA LIBERATION		FORT
51284480400017	-	MADAME IRIS VAN DEN ROOVAART	5 RUE PIERRE BLANC		FORT
35281740700013	-	MULTI ACCUEIL PARENTAL LE PETIT CALIN	30 RUE JEAN JACQUES ROUSSEAU		FORT
34420325200020	COBIONAT - BIOCOOP	COBIONAT	139 CHE LES LAUNES	Crémèrie-fromagerie et préparations à base de lait ou de fromage	FORT
83117226700013	-	MADAME GERALDINE ADJEDJ	12 RUE PIERRE BLANC	Fabrication artisanale associée à la vente de plats pour consommation immédiate en véhicules motorisés ou non	FORT
70285008200018	-	LES TERRES CUITES DES LAUNES	QUA DES LAUNES	Fabrication de carreaux en céramique	FORT
52208427600040	-	VIANDES D ACQUITAINE	10 RUE PIERRE BLANC	Triperie	FORT
77571367000104	-	LA LIGUE DE L ENS LA FOL DU VAR	QUARTIER DES PLANTIERS		FORT
38308764000041	ATELIER EMERANCE	MADAME CATHERINE THULEAU	18 AV VICTOR HUGO	Fabrication de meubles en rotin	FORT
51805458000015	CARINE INSTITUT L INSTANT ZEN	MADAME CARINE DURBAN	PL DU 8 MAI 1945	Soins de beauté hors salon	FORT
83493960500012	-	LES TERRES CUITES DES LAUNES	QUA DES LAUNES	Fabrication de carreaux en céramique	FORT

SIRET	Enseigne	Raison sociale	Adresse	Type d'activité	Niveau d'aléa
53204215700018	-	LAURIANNE	5 RUE DES QUATRES COINS	Fabrication culinaire artisanale de plats à consommer sur place	FORT
51057448600013	-	MADAME MARCELLE ROSELYNE MOLL	7 RUE PIERRE BLANC		FORT
80032481600027	LL OUSTAOU	L OUSTAOU	3 PL DU 8 MAI 1945	Fabrication artisanale associée à la vente de plats pour consommation immédiate en véhicules motorisés ou non	FORT
81924315500010	CHEZ PEPE THOMAS	PEPE THOMAS	PL DU 8 MAI 1945	Fabrication culinaire artisanale de plats à consommer sur place	FORT
41095394700026	POTERIE DU CHATEAU	POTERIE DU CHATEAU	20 AV VICTOR HUGO	Fabrication d'articles céramiques à usage domestique ou ornemental	FORT
48818740200059	CERAMOSA	CERAMOSA	1337 RTE DE DRAGUIGNAN	Fabrication d'articles céramiques à usage domestique ou ornemental	FORT
79346691300019	-	-	5 CHE DES SOURCES		FORT
45187650200035	-	MR SANTIAGO ANTOINE	0	Traitement de matières non métalliques recyclables	FORT
34326262214496	-	LIDL	0		FORT
33424577600078	-	-	18 BD PAUL COTTE		FORT
84026236400010	VIVAL	VIVAL	9 RUE PIERRE BLANC		FORT
83075674800026	INSTITUT DE POMELINE	INSTITUT POMELINE	434 RTE DE DRAGUIGNAN	Soins de beauté hors salon	FORT
87978681200013	-	GEOTOP	336 RTE DE DRAGUIGNAN		FORT

SIRET	Enseigne	Raison sociale	Adresse	Type d'activité	Niveau d'aléa
	CINEMA LA TOMETTE	CINEMA LA TOMETTE			FORT
	TYMBOX	TYMBOX			FORT
	PERFECT TIME	PERFECT TIME			FORT
	LE CAFE DU COURS	LE CAFE DU COURS			FORT
	CAFE DE LA BRESQUE	CAFE DE LA BRESQUE			FORT
	CABINET VETERINAIRE LA TARENTE	CABINET VETERINAIRE LA TARENTE			FORT
	CONSERVERIES PROVENCALES	CONSERVERIES PROVENCALES			FORT
	TERRA ROSSA	TERRA ROSSA			FORT
	BRICONAUTES SALERNES	BRICONAUTES SALERNES			FORT
	BURG OR PIZZ				FORT
	EXPRESSION RESTAURANT	EXPRESSION RESTAURANT			FORT
	AMANDINE COIFFURE	AMANDINE COIFFURE			FORT
	LA CUISINE DE SOPHIE	LA CUISINE DE SOPHIE			FORT
	LES PETITS PAINS DE LENA	LES PETITS PAINS DE LENA			FORT
	PEPINIERE SCEAU VERT	PEPINIERE SCEAU VERT			FORT
	COIFF&CO	COIFF&CO			FORT
	TABAC	TABAC			FORT
	AUDITION CONSEIL	AUDITION CONSEIL			FORT

SIRET	Enseigne	Raison sociale	Adresse	Type d'activité	Niveau d'aléa
	ANGELA CAMPANILE CERAMISTE	ANGELA CAMPANILE CERAMISTE			FORT
	ANNE SHOES	ANNE SHOES			FORT
	L ARTISAN DU BURGER	L ARTISAN DU BURGER			FORT
	FERRONERIE SERRURERIE	FERRONERIE SERRURERIE			FORT
75257913600017	-	LES ORGUES SARL	1 RUE EDOUARD BASSET		FORT
40768483600015	-	FEU SUCRE	8 RUE PIERRE BLANC	Pâtisserie	FORT
41481504301584	-	SAS LAFARGEHOLCIM BETONS	0	Fabrication de béton prêt à l'emploi	INDIFFERENCIE
28830040300723	CENTRE D'INCENDIE ET DE SECOURS	SCE DEPARTEMENTAL INCENDIE ET SECOURS	IMP DE LA MANSERVE		MODERE
48387040800018	-	SARL USINETECH	0	Aménagement de véhicules	MODERE
21830121600071	ECOLE PRIMAIRE LA COMMUNALE	COMMUNE DE SALERNES	AV LIBERATION		MODERE
26830074600024	SESSAD CFA DU HAUT VAR	INSTITUT MEDICO EDUCATIF DU HAUT VAR	ZA LA BAUME		MODERE
38946777000027	-	MADAME DANIELLE KAZUK	349 RTE DE VILLECROZE		MODERE
48170705700032	LES CAVES DU COMMANDEUR	LES CAVES DU COMMANDEUR	BD DE LA LIBERATION		MODERE
32132229900025	-	MONSIEUR GUY RAZAFINDRAMBOA	4 PL GABRIEL PERI		MODERE
40802880100012	INTERMARCHÉ	LIMSAL	CHE DU PIN BERNARD		MODERE
33773108700025	AAO	PMD	0	Aiguillage de coutellerie	MODERE
47927567900021	-	-	2809 RTE D ENTRECASTEAUX	Fabrication de produits manufacturés non classés ailleurs	MODERE

SIRET	Enseigne	Raison sociale	Adresse	Type d'activité	Niveau d'aléa
43231751900010	GARAGE M BESSE AGENT FIAT	MR BESSE MICHEL	0	Réparation automobile de véhicules automobiles légers: électricité, électronique	MODERE
49131517200016	-	AUTHENTIC	0		MODERE
49418676000026	C'EST TOUT VERT	SARL ECOLOGICAL CONSTRUCTIONS	0		MODERE
50503721800011	CROCALINS	MME MAGNANI BRIGITTE	0	Toilettage d'animaux de compagnie	MODERE
83391399900029	-	-	620 RTE DE DRAGUIGNAN	Commerce de détail de fleurs	MODERE
32097788700043	-	CIFFREO ET BONA	0		MODERE
40874096700026	-	ESPACE CANIN TOILETTAGE	55 RUE EDOUARD BASSET	Toilettage d'animaux de compagnie	MODERE
79477572600019	EMPRIENTE	EMPREINTE	11 CRS THEODORE BOUGE		MODERE
80804096800022	-	MR BLANC BENJAMIN	0	Réparation automobile de véhicules automobiles légers: électricité, électronique	MODERE
78992254900017	SALERNES IMMOBILIER	SALERNES IMMOBILIER	13 CRS THEODORE BOUGE		MODERE
82171551300015	GARAGE DE LA BAUME	GARAGE DE LA BAUME	0	Réparation automobile de véhicules automobiles légers: électricité, électronique	MODERE
82494753500012	-	L'ETOILE DU SUD	0	Fabrication culinaire artisanale de plats à consommer sur place	MODERE
81053484200028	LA CUISINE DES HALLES	LA CUISINE DES HALLES	17 CRS THEODORE BOUGE		MODERE

SIRET	Enseigne	Raison sociale	Adresse	Type d'activité	Niveau d'aléa
82084748100018	-	SALERNES PIECES AUTO	0		MODERE
82986469300017	LE DON CAMILLO	MILA	0	Fabrication culinaire artisanale de plats à consommer sur place	MODERE
83204651000018	-	CONTROLE TECHNIQUE DU VALLON	0	Contrôle technique automobile	MODERE
	PHARMACIE DU MOULIN	PHARMACIE DU MOULIN			MODERE
	MICROBRASSERIE TARVOS	MICROBRASSERIE TARVOS			MODERE
	SOLDETOO.COM	SOLDETOO.COM			MODERE
84956284800010	-	LE QUARTIER GOURMAND	CHE DE LA COUGOURDIERE	Fabrication culinaire artisanale de plats à consommer sur place	MODERE
	LA REMISE DE CAUZETTE	LA REMISE DE CAUZETTE			MODERE
	SNTC	SNTC			MODERE
	SUEZ	SUEZ			MODERE
	MONDIAL PARE BRISE	MONDIAL PARE BRISE			MODERE
	RL FERRONNERIE	RL FERRONNERIE			MODERE
	EAU NETT PISCINE	EAU NETT PISCINE			MODERE
	CETEC	CETEC			MODERE
	LA FORGE SALERNOISE	LA FORGE SALERNOISE			MODERE
	ATELIER HENDO	ATELIER HENDO			MODERE
	GENDARMERIE SALERNES	GENDARMERIE SALERNES			MODERE

SIRET	Enseigne	Raison sociale	Adresse	Type d'activité	Niveau d'aléa
	MAIRIE DE SALERNES	MAIRIE DE SALERNES			MODERE
	EHPAD RESIDENCE LA SOURCE	EHPAD RESIDENCE LA SOURCE			MODERE
	TOP GARAGE - PASSION AUTO 83	TOP GARAGE - PASSION AUTO 83			MODERE
43994871200062	-	APECA COMPTABLITE CONSEIL ACC	0		MODERE
75248932800019	CARROSSERIE BRIZARD	MR BRIZARD PHILIPPE	0	Réparation automobile de véhicules automobiles légers: électricité, électronique	RESIDUEL
48155112500034	-	POMPES FUNEBRES MANZO B ET L	12 CRS THEODORE BOUGE	Embaumement, soins mortuaires	RESIDUEL
53803504900021	-	LES HALLES DE SALERNES SARL	19 CRS THEODORE BOUGE		RESIDUEL
48379605800012	ATELIER M.CO.	MADAME MARJORIE COVLET	10 BD PAUL COTTE	Fabrication d'articles céramiques à usage domestique ou ornemental	RESIDUEL
40305570000013	-	LE BIERODROME	PL DE LA REPUBLIQUE	Fabrication culinaire artisanale de plats à consommer sur place	RESIDUEL
49530658100010	CAPUCINE	MADAME FLORENCE DELAPIERRE	3 PL DE LA REPUBLIQUE	Commerce de détail de fleurs	RESIDUEL
31186182700013	-	MONSIEUR YVON MICHAUD	CRS BOUGE	Triperie	RESIDUEL
32426612100015	-	MINGAUD	7 CRS THEODORE BOUGE	Installation électrique	RESIDUEL
79902491400019	FLEUR DE SABLE	FLEUR DE SABLE	1 CRS THEODORE BOUGE	Fabrication d'autres vêtements et accessoires	RESIDUEL
41007371200060	-	-	2 BD PAUL COTTE		RESIDUEL

SIRET	Enseigne	Raison sociale	Adresse	Type d'activité	Niveau d'aléa
26830060500014	RESIDENCE AUTONOMIE LE NAI	CTRE COM ACTION SOCIALE DE SALERNES	AV PIERRE GAUDIN		RESIDUEL
80431523200020	CAFE DES VIGNES	KAI SARL	14 CRS THEODORE BOUGE	Fabrication culinaire artisanale de plats à consommer sur place	RESIDUEL
48072295800026	AU MOULIN DE PIERRE	AU MOULIN DE PIERRE	8 CRS THEODORE BOUGE	Boulangerie-pâtisserie	RESIDUEL
50291978000051	PROVENCE IMMOBILIER	AGENCE CARL CHARPENTIER	20 CRS THEODORE BOUGE		RESIDUEL
53097101900019	-	GH MECA SOUDURE	15 RUE LONGUE	Réparation d'ouvrages en métaux	RESIDUEL
	BARBOSSA LOUNGE BAR	BARBOSSA LOUNGE BAR			RESIDUEL
	TONTON G PIZZAS	TONTON G PIZZAS			RESIDUEL
	TENNIS CLUB SALERNES	TENNIS CLUB SALERNES			RESIDUEL
	CBD LA MAGIE AU NATUREL	CBD LA MAGIE AU NATUREL			RESIDUEL
	L UNION	L UNION			RESIDUEL
	VERSION ORIGINALE	VERSION ORIGINALE			RESIDUEL
	MEDIATHEQUE	MEDIATHEQUE			RESIDUEL
	ATELIERS MUNICIPAUX	ATELIERS MUNICIPAUX			RESIDUEL
	VERO VAGH LA PAUSE CERAMQIE	VERO VAGH LA PAUSE CERAMQIE			RESIDUEL
	AGENCE 2G IMMOBILIER	AGENCE 2G IMMOBILIER			RESIDUEL
	MATTHIAS ET SOPHIE	MATTHIAS ET SOPHIE			RESIDUEL
	URBAVAR	URBAVAR			RESIDUEL