

COMMUNE DE CAISSARGUES



Zonage du Risque Inondation à l'échelle communale et intégration dans les documents d'urbanisme

RAPPORT DE PHASE 2

GRI 85550B

NOVEMBRE 2009

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	3
1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE	4
2. MODELISATION HYDROLOGIQUE	5
2.1. Description du logiciel	5
2.2. Données pluviométriques	5
2.2.1. Evénements observés	6
2.2.2. Pluies de projet	8
2.3. Caractéristiques des bassins versants	11
2.4. Résultats de la modélisation hydrologique	15
2.4.1. Analyse des résultats du Mirman et BV Barnier :	15
2.4.2. Apports du centre ville	16
3. MODELISATION HYDRAULIQUE	18
3.1. Campagne topographique complémentaire	18
3.2. Description des logiciels	18
3.3. Modèle existant du Vistre	19
3.4. Modèle du Mirman	21
3.4.1. Construction du modèle	21
3.4.2. Calage du modèle	24
3.5. Simulation des crues du Mirman	26
3.6. Capacités des fossés	29
3.6.1. fossé Barnier	29
3.6.2. fossés du secteur Euro2000	30
4. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA	34
4.1. Le Vistre	34
4.2. Le Mirman	34
5. ORIENTATION POUR LA PHASE 3 : REDUCTION DU RISQUE	36

1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE

Suite aux inondations de Septembre 2005, la commune de Caissargues souhaite intégrer dans son PLU les risques d'inondation, qu'il s'agisse des débordements de cours d'eau ou du ruissellement pluvial.

L'étude comporte les 4 phases suivantes :

Phase 1 : Étude du risque historique et hydrogéomorphologique,

Phase 2 : Étude du risque statistique,

Phase 3 : Étude des mesures de réduction du risque,

Phase 4 : Élaboration du Zonage Pluvial.

Les cours d'eau concernés par l'étude sont le Vistre, et le Mirman.

Le présent rapport concerne la phase 2 de l'étude.

Cette phase a pour objet le risque statistique, calculé par la modélisation et la cartographie de l'aléa inondation du Mirman et du Vistre.

Elle comprend plusieurs étapes :

- modélisation hydrologique
- modélisation hydraulique
- cartographie de l'aléa

Ce rapport concerne la phase 2 de l'étude.

2. MODELISATION HYDROLOGIQUE

Une modélisation hydrologique est réalisée sur le bassin versant du Mirman et les autres petits bassins versants de la commune par le modèle Pluie-Débit SIREA-AGYR, développé par BCEOM et présenté ci après,

2.1. Description du logiciel

Le logiciel comprend une fonction de production qui définit au droit de chaque sous-bassin élémentaire l'hydrogramme correspondant au hyétoqramme simulé, et **une fonction de transit** qui permet de reconstituer fidèlement le processus de propagation des hydrogrammes tout au long du réseau.

Les hydrogrammes de ruissellement à l'exutoire des sous-bassins versants sont calculés soit par la combinaison d'une fonction de production (transformation pluie brute-pluie nette) et d'une fonction de transfert (transformation pluie nette - débit).

La fonction de production correspond à un modèle déterministe basé sur l'estimation du débit par la méthode rationnelle avec calcul préalable du temps de concentration, à partir de coefficient de ruissellement.

La fonction de transfert est représentée par un hydrogramme unitaire synthétique ou non (mode rural) La fonction de transfert est réalisée par une fonction de stockage dans un réservoir linéaire (mode urbain).

Compte tenu des possibilités d'acceptation du réseau et de la topographie du terrain, le programme propage et donne en chaque noeud les hydrogrammes, dans le réseau si celui-ci a une capacité de transit suffisante et compte tenu de ses possibilités de rétention et d'écrêtement éventuels imposés par les ouvrages intermédiaires, ou bien, dans le réseau et en écoulement superficiel si le réseau a une capacité de transit insuffisante.

En ce qui concerne la propagation proprement dite 5 méthodes de calcul sont proposées. La première méthode consiste à translater à une vitesse constante l'hydrogramme qui conserve sa forme. Les autres méthodes de calcul sont basées sur la résolution simplifiée du système d'équation de SAINT-VENANT. Les modèles proposés sont : MUSKINGUM linéaire, MUSKINGUM KUNGE, HAYAMI, onde cinématique. Ces modèles tiennent compte partiellement et différemment de termes de l'équation dynamique.

La construction du modèle est basée sur les données pluviométriques et les caractéristiques des bassins versants.

2.2. Données pluviométriques

Elles concernent les événements récents susceptibles d'apporter des éléments quantifiés pour le calage du modèle hydrologique, à savoir les pluies de 2005, 1988 et 2002, et les pluies de projet.

La pluie la plus intéressante est celle de 2005 car elle a occasionné des débordements du Mirman et des données quantifiées existent aussi bien pour les pluies que pour les repères de crue.

Les pluies de 1988 et 2002 n'ont pas entraîné de débordement des bassins versants sur Caissargues et sont données à titre indicatif.

Un événement en octobre 1990 a occasionné des débordements du Mirman sur Caissargues, mais peu d'éléments quantifiés sont disponibles (pas de date précise, pas de station pluviométrique à cette époque sur Caissargues, pas de repères de crues précis).

La Mairie a fourni les indications suivantes : « ce sont les mêmes quartiers que pour la crue de 2005 qui ont été inondés, par débordement du Mirman à partir de la RD 42 (40 à 50 cm d'eau sur la place de la Mairie rue Pons). A noter qu'à l'époque le lotissement de la Granière n'existait pas, et que la configuration des ponts sur le Mirman n'était pas la même (pas de pont sur l'avenue de la Granière,

petit pont sur la rue de la Méditerranée, pas de passerelle en face des tennis, pont sur le ch des buttes refait depuis, l'ancien gabarit correspondait au pont actuel sur la rue des Costières) ».

L'ancienneté de cette crue d'ampleur équivalente à celle de 2005, et le manque d'informations précises, ne permet pas un calage précis du modèle, contrairement à la crue de 2005.

On peut cependant retenir que cet événement est de même ampleur que celui de 2005, ce qui confirmerait la fréquence environ décennale de l'événement de 2005 pour les pluies de courtes durées (cf ci après).

2.2.1. Evénements observés

Evénement de septembre 2005

L'évènement pluvieux de 2005 est caractérisé par la succession de deux épisodes, le 6 et le 8 donnés dans le tableau. L'événement le plus intense est celui du 6/09. Elles ont duré 6 heures pour les deux journées (le 6 de 12h à 18h et le 8 de 9h à 16h). Les hyétogrammes sont donnés ci après.

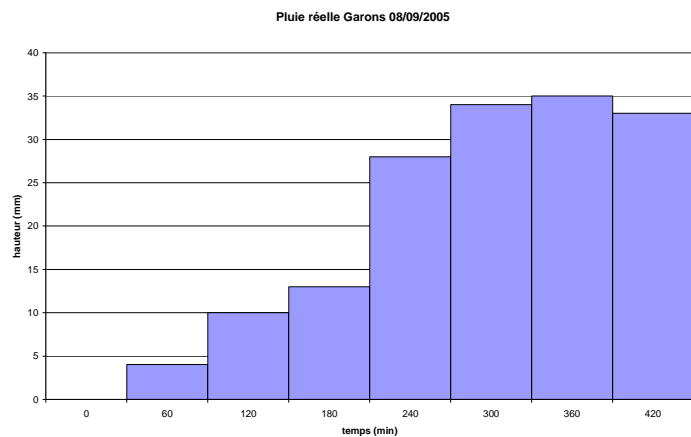
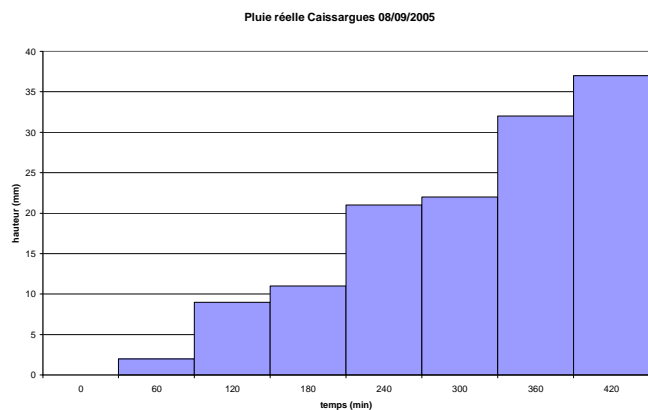
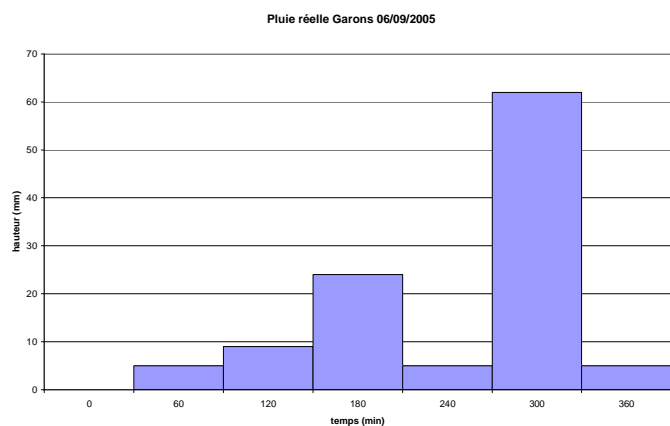
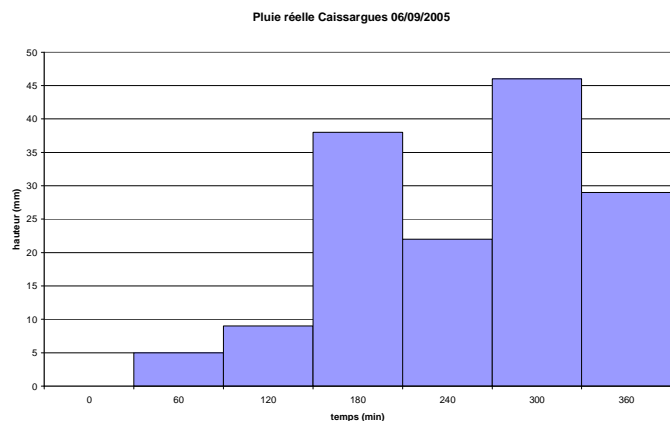
La pluie locale aux stations de Caissargues et de Garons est qualifiée de pluie au maximum décennale sur les courtes durées (1 à 2h) et de pluie au maximum cinquantennale sur les longues durées (durée pluie 6 h).

Les pluies sur Caissargues et Garons sont sensiblement les mêmes.

Tableau : pluie de septembre 2005

	Caissargues	Garons
Pluie du 6/09/2005 : Intensité maximale sur 1h (mm/h)	46 (5 ans)	63 (10 ans)
Pluie du 6/09/2005 : Cumul sur 6 h (mm)	146 (50 ans)	109 (< 20 ans)
Pluie du 8/09/2005 : Intensité maximale sur 1h (mm/h)	37 (<5 ans)	35 (<5ans)
Pluie du 8/09/2005 : Cumul sur 6 h (mm)	130 (>20ans)	154 (50 ans)

Hyétogrammes des pluies du 6 et du 8 /09/2005



Pluie du 3 octobre 1988 :

L'épicentre de cet épisode est situé au nord-ouest de Nîmes., entre le 1 et le 4 octobre 1988. Sur la commune de Caissargues, la pluie n'a pas été exceptionnelle, puisque la pluie journalière à Garons était de 35 mm, et à Bouillargues de 69 mm. La station de Caissargues n'existait pas.

Pluie du 9 septembre 2002 :

L'épicentre de cet épisode est situé au nord du département du Gard, sur deux épisodes successifs. Sur la commune de Caissargues, la pluie n'a pas été exceptionnelle, puisque la pluie journalière à Garons était de 30 mm le 8/09 et de 74 mm le 9, et à Caissargues de 33 mm le 8/09 et de 56 mm le 9.

2.2.2. Pluies de projet

Les périodes de retour décennale, trentennale, et centennale sont retenues pour déterminer la pluviométrie de projet, conformément au cahier des charges. Les pluies de projet sont construites à partir des quantiles SHYPRE.

A noter que la comparaison des différentes statistiques pluviométriques (SHYPRE et courbes IDF à Nîmes Courbessac) donne sensiblement les mêmes valeurs pour les pluies <30 ans et sont légèrement supérieures avec SHYPRE pour les pluies > 50 ans.

Les hauteurs de pluies retenues sont données dans le tableau suivant.

Tableau : hauteurs de pluie retenues (mm)

durée (h)	hauteur de pluie (mm)		
	100 ans	30 ^e ans	10 ans
1	97	77	60
2	112	95	72
4	145	118	92
6	180	135	106

Pour rappel les hauteurs de pluie issues des courbes IDF de Courbessac sont les suivantes :

Tableau : hauteur de pluie IDF Courbessac (mm)

Durée (h)	100 ans	30 ans	10 ans
1	93	75	62
6	166	135	109

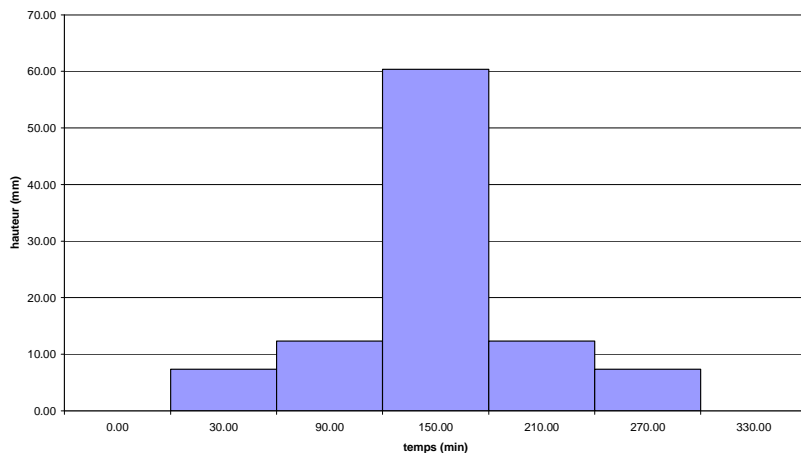
Les pluies de projet retenues sont des pluies de Keiffer, pénalisantes aussi bien en intensité qu'en volume (contrairement aux pluies dites de Desbordes qui privilégient l'intensité) de durée intense de 30 mn et de 1 h (en fonction des durées du temps de concentration des bassins versants) et de durée totale 6 heures (largement supérieure au temps de réaction des bassins versants et à la durée de la pluie de Desbordes de 4h).

Le principe de construction de cette pluie est d'affecter pour chaque pas de temps la hauteur de pluie de la période de retour considérée, et ceci sur la durée totale de la pluie (c'est-à-dire que la pluie est centennale par ex aussi bien sur 1 h que sur 6h).

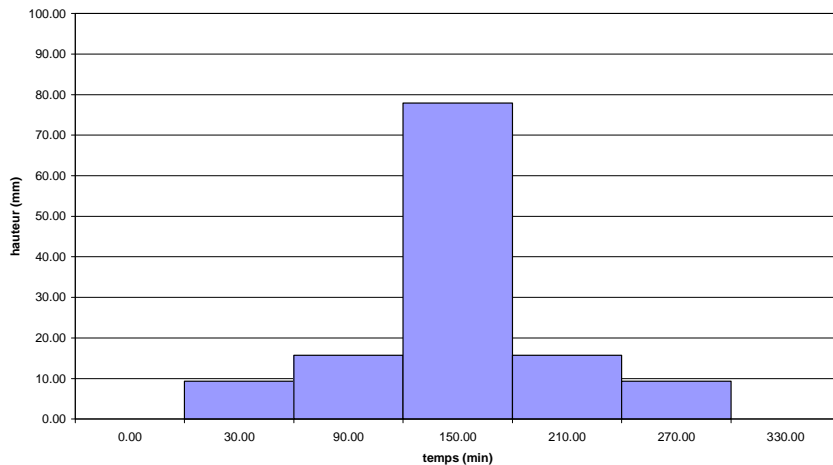
Les hyétoigrammes des pluies de projet 10, 30 et 100 ans sont donnés ci après.

Hyétogrammes des pluies de projet

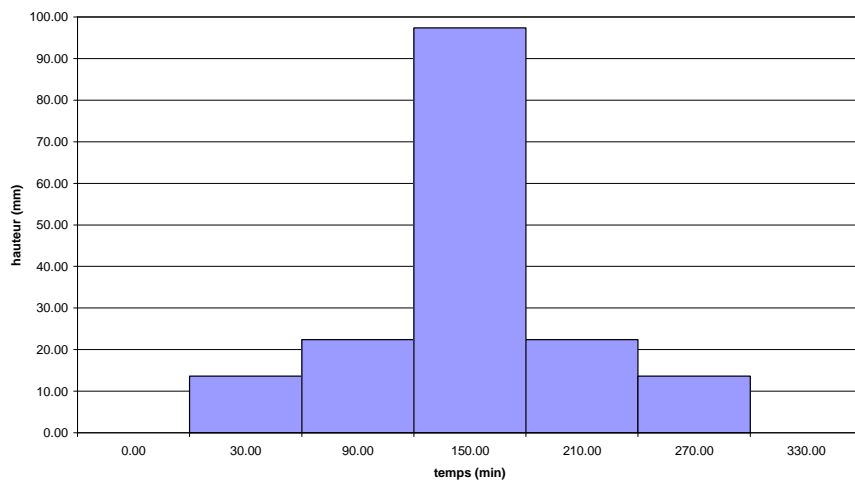
Pluie de projet de type Keifer
T=10ans- 1h



Pluie de projet de type Keifer
T=30ans- 1h

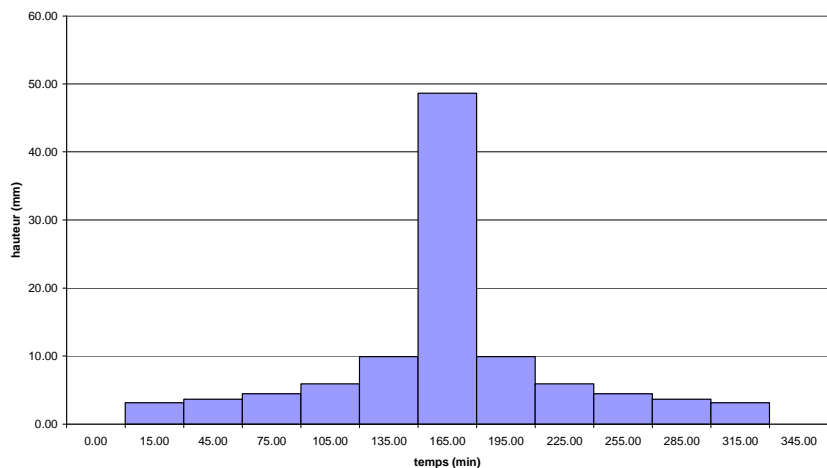


Pluie de projet de type Keifer
T=100ans- 1h

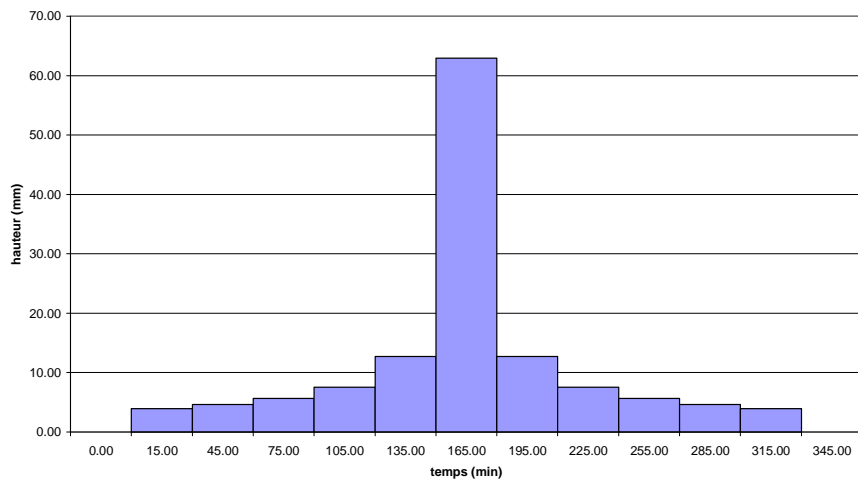


Zonage du risque inondation à l'échelle communale et intégration dans les documents d'urbanisme

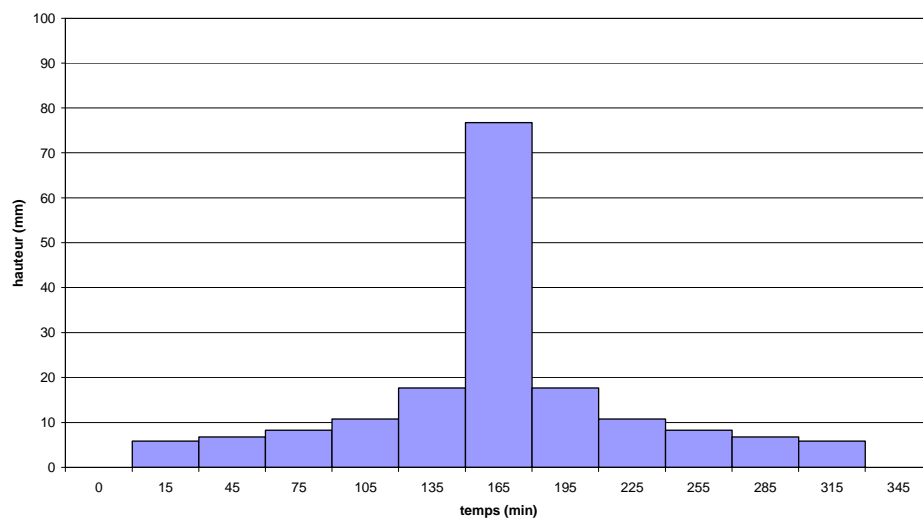
Pluie de projet de type Keifer
T=10ans - 30 mn



Pluie de projet de type Keifer
T=30ans - 30mn



Pluie de projet de type Keifer
T=100ans - 30 mn



2.3. Caractéristiques des bassins versants

Conformément au cahier des charges il est prévu de réaliser un modèle pluie-débit sur le Mirman.

Le modèle hydrologique a été étendu néanmoins à tous les bassins versants de la commune.

La figure ci après donne le découpage en bassins versants et sous bassins versant, ainsi que les points de calcul des débits (à noter que chaque exutoire de sous bassins versant est aussi un point de calcul des débits, les nœuds de calcul sont rajoutés si besoin pour modéliser les sommes de sous bassins et/ou la propagation).

Le bassin versant du Mirman et du centre ville a été découpé en 17 sous bassins versants. A noter cependant que certains sous bassins versants du centre Ville ne rejette pas dans le Mirman, mais dans le Vistre.

Le bassin versant de château Barnier est représenté par un bassin versant d'exutoire naturel le ruisseau de Campagne.

Les bassins versants entre l'autoroute et la RD6113 ont été découpés en 14 sous bassins versants d'exutoire le Vistre.

Topographie des bassins versants :

Les bassins versants ont fait l'objet d'un découpage à partir du réseau hydrographique, des enquêtes de terrain et des données topographiques.

Les caractéristiques des sous bassins versant sont données dans le tableau suivant (bassin versant du Mirman, et autres petits bassins versants).

Coefficient de ruissellement :

L'évaluation des coefficients de ruissellements est définie en première approche à partir de la nature du sol et de son occupation. Ils sont affinés ensuite en fonction des résultats du calage sur la pluie de 2005, qui a conduit à retenir les coefficients donnés dans le tableau suivant. Les autres coefficients sont issus des recommandations des guides STU sur l'assainissement.

Pour les bassins ruraux, la nature et l'occupation des sols conduiraient à retenir des valeurs de 0.35, qui a été augmentée à 0.45, suite au calage sur la crue de 2005.

Les valeurs définitives retenues après calage sont données par bassin versant ci après, en fonction du type de bassin rural ou urbain et de son occupation des sols. Le découpage est réalisé par occupation des sols homogènes. Néanmoins, le coefficient de ruissellement des bassins versants regroupant plusieurs occupations des sols est calculé par pondération de chaque coefficient au prorata de la superficie.

Tableau : estimation des coefficients de ruissellement

Type occupation du sol	Pluie fréquentes (2-30 ans)	Pluies rares (50-100 ans)
rural	0.45	0.6*
Résidentiel	0.5	0.7
Centre urbain	0.7	0.8
Zones activités	0.7 à 0.8	0.8 à 0.9

*valeur estimée à partir de la méthode de Bressand Golosof.

Bassins de rétention :

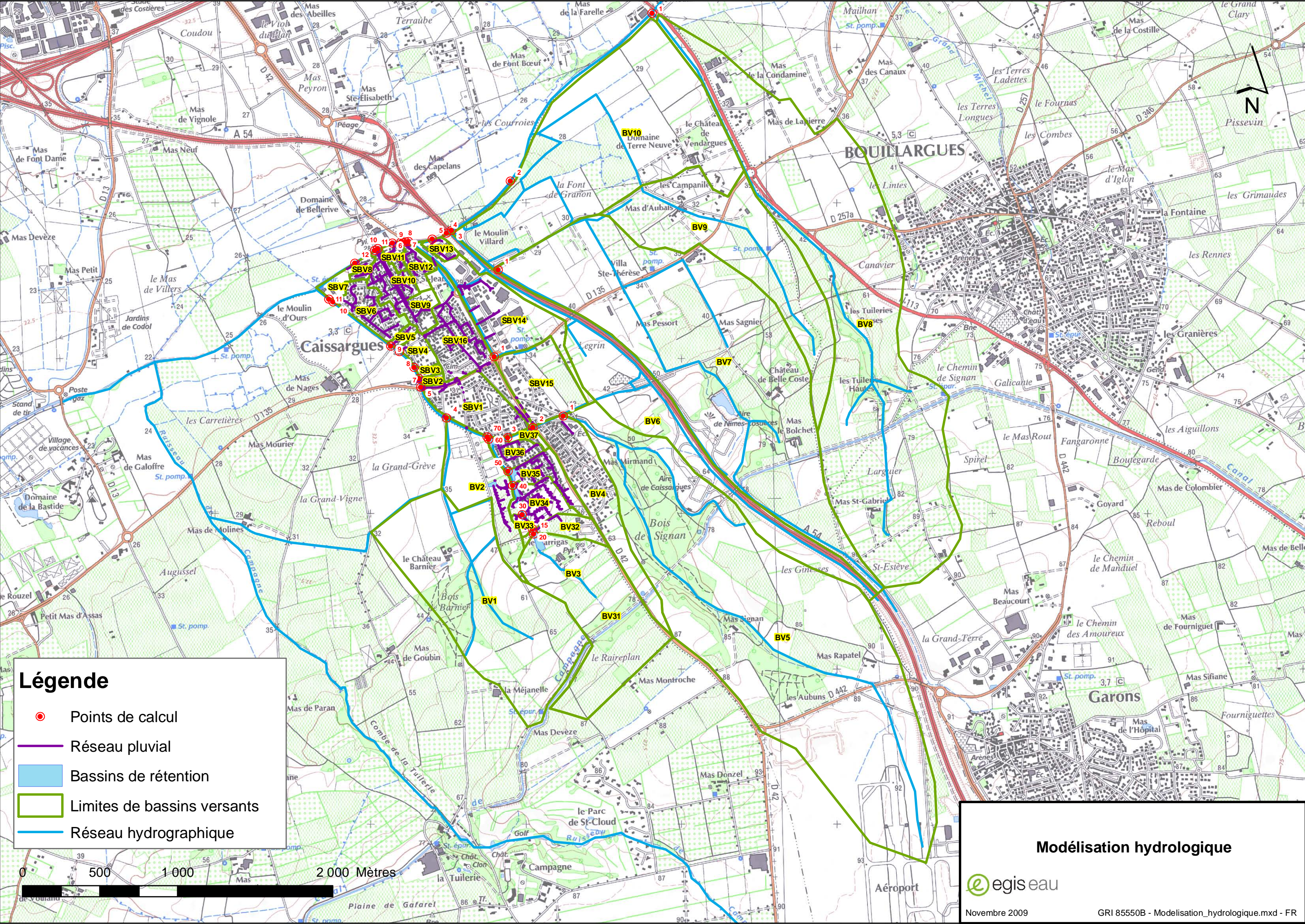
Tous les bassins de rétention sont intégrés dans la modélisation selon leurs caractéristiques définies dans les fiches de phase 1.

Les caractéristiques entrées dans la modélisation sont les lois hauteurs- volume des bassins, et les lois de fuite : loi d'orifice pour le puits de fond, et loi de seuil pour le déversoir de surface.

Toutes ces caractéristiques sont données dans les fiches de phase 1.

Tableau : caractéristiques des principaux bassins versants

BV	bassin versant	occupation sol	Surface(km2)	Longueur (km)	Pente pond (m/m)	Cr 10-30	Cr 50-100
BV1	barnier	bois/culture	0.95	1.6	0.024	0.45	0.60
BV2	mirman amont	lotissement+culture	0.24	1.12	0.021	0.47	0.64
BV3	(garrigas)	lotissement+friche	0.85	2.06	0.025	0.49	0.63
BV4	mirman amont	lotissement+friche	0.26	1.6	0.031	0.48	0.66
BV5	mirman amont	bois/culture	2.50	4.05	0.010	0.45	0.60
BV6	Ouest A54	bois/culture	0.58	3.65	0.014	0.45	0.60
BV7	belle coste	bois/culture	1.91	3.8	0.012	0.45	0.60
BV8	tuileries	bois/culture	2.22	4.13	0.012	0.45	0.60
BV9	mas d'aubais	cultures	0.73	2.4	0.016	0.45	0.60
BV10	font granon	cultures	1.26	1.5	0.0072	0.45	0.60
SBV1	mirman aval	lotissement	0.162	0.739	0.0092	0.50	0.70
SBV2	mirman aval	lotissement	0.009	0.147	0.0029	0.50	0.70
SBV3	mirman aval	lotissement	0.009	0.15	0.0028	0.50	0.70
SBV4	mirman aval	lotissement	0.035	0.28	0.0069	0.55	0.73
SBV5	mirman aval	lotissement	0.014	0.194	0.0061	0.57	0.74
SBV6	mirman aval	lotissement	0.092	0.574	0.0052	0.50	0.70
SBV7	mirman aval	lotissement	0.026	0.228	0.0070	0.47	0.63
SBV8	mirman aval	lotissement	0.020	0.241	0.0043	0.50	0.70
SBV9	mirman aval	lotissement	0.084	0.651	0.0045	0.55	0.72
SBV10	mirman aval	lotissement	0.026	0.406	0.0060	0.50	0.70
SBV11	mirman aval	lotissement	0.018	0.219	0.0105	0.50	0.70
SBV12	mirman aval	lotissement	0.038	0.368	0.0020	0.50	0.70
SBV13	Euro2000	zac	0.020	0.185	0.0168	0.80	0.90
SBV14	Euro2000	zac	0.263	1.25	0.0082	0.70	0.80
SBV15	Euro2000	lotissement	0.191	0.64	0.015	0.47	0.64
SBV16	mirman aval	lotissement	0.208	1.5	0.007	0.51	0.70
BV31	garrigas	lotissement+friche	0.559	1.2	0.028	0.45	0.60
BV32	garrigas	lotissement+friche	0.057	0.57	0.028	0.45	0.60
BV33	garrigas	lotissement	0.048	0.167	0.05	0.50	0.70
BV34	garrigas	lotissement	0.084	0.6	0.0325	0.50	0.70
BV35	garrigas	lotissement	0.074	0.79	0.0279	0.50	0.70
BV36	garrigas	lotissement	0.049	0.428	0.014	0.50	0.70
BV37	garrigas	lotissement	0.016	0.29	0.019	0.49	0.67



Légende

- Points de calcul
- Réseau pluvial
- Bassins de rétention
- Limites de bassins versants
- Réseau hydrographique

0 500 1 000 2 000 Mètres

Modélisation hydrologique

egis eau
 Novembre 2009 GRI 85550B - Modelisation_hydrologique.mxd - FR

2.4. Résultats de la modélisation hydrologique

Les résultats pour tous les bassins versants sont donnés en annexe 4.

Sont rappelés dans le tableau suivant les valeurs des débits des principaux bassins versants du Mirman, pour les crues à simuler dans le chapitre suivant (modélisation hydraulique), ainsi que pour le bassin versant du Barnier, et les bassins versants du centre ville.

Tableau : débits de pointe du Mirman et du bassin versant « Barnier » (m3/s)

Bassin versant	Superficie (km2)	Crue 2005	10 ans	30 ans	100 ans
Mirman amont (BV5)	2.5	13	16	21	37
Mirman (est RD42- BV4)	0.26	1.6	2.1	2.8	4.9
Mirman (Garrigas BV3)	0.85	4.8	5.1	6.8	14
Mirman (stade- BV2)	0.24	1.5	1.9	2.4	4.1
BV Barnier (BV1)	0.95	5.3	10	13	21

2.4.1. Analyse des résultats

A noter que les débits de pointe des petits bassins versants pour la crue de 2005 ont une période de retour légèrement inférieure à 10 ans.

Les débits du Mirman amont, les plus importants pour la modélisation hydraulique, sont similaires à ceux calculés par SIEE dans les études en 2005 et 2007 pour la commune (Q10 ans SIEE : 18 m3/s, Q30 ans SIEE : 23 m3/s, Q100 ans SIEE : 43 m3/s, aucun débit n'est donné pour la crue 2005).

Les débits spécifiques calculés pour le Mirman amont sont relativement élevés surtout pour la pluie centennale: entre 6.4 m3/s/km2 pour 10 ans et 14.8 m3/s/km2 pour 100 ans, mais cohérents avec les valeurs régionales pour ce type de bassin versant.

Comparaison avec la méthode de Bressand-Golossof :

Un calcul a été réalisé avec la méthode de Bressand Golossof. Cette méthode pour les petits bassins versants (BV <20 km2) est l'application de la méthode rationnelle avec des estimations spécifiques des coefficients de ruissellement et des temps de concentration, qui ont été considérés comme données dans la modélisation hydrologique, et en utilisant les formules de Montana à la station de Nîmes (au lieu des quantiles de Shypre dans la modélisation).

La calcul donne pour le bassin versant du Mirman un débit de 35 m³/s, de même ordre de grandeur que celui calculé par la modélisation hydrologique. Les résultats de la modélisation hydrologiques sont donc conformes à la méthode de Bressand Golossof.

Les débits du Garrigas, affluent le plus important du Mirman, sont plus importants que ceux calculés par SIEE (Q10 ans SIEE : 2.8 m³/s, Q30 ans SIEE : 3.4 m³/s, Q100 ans SIEE : 8.1 m³/s, aucun débit n'est donné pour la crue 2005). La modélisation du Garrigas et de ses bassins de rétention est plus fine dans le cadre de cette étude, par un découpage en sous bassins versants, tandis que SIEE globalisait le bassin versant, ce qui a tendance à calculer des débits plus faibles. En effet, dans la modélisation hydrologique les débits de pointe calculés pour les petits bassins versants sont supposés transités par le réseau sans écrêtement, même si le réseau pluvial n'a pas la capacité suffisante. Les calculs hydrologiques obtenus par la modélisation sont donc pessimistes.

Les débits du bassin versant de « Barnier », sont similaires à ceux calculés par SIEE dans les études en 2005 et 2007 pour la commune (Q10 ans SIEE : 9.6 m³/s, Q30 ans SIEE : 12 m³/s, Q100 ans SIEE : 23.6 m³/s, aucun débit n'est donné pour la crue 2005).

2.4.2. Apports du centre ville

Concernant le centre ville, à l'ouest de la RD42, la problématique est plus liée au volume de ruissellement apporté par l'impluvium, qui se stocke derrière la digue tant que le Vistre et le Mirman sont en crue, et qui sont partiellement pompés par les stations de pompage (3 pompes de 0.3 m³/s pour le côté ouest de l'avenue des Cambourins, une pompe de 300 l/s pour le côté est à Chanclair, dont deux ont fonctionné en 2005, celle du Cambourin et celle de Chanclair, pendant environ une journée).

Deux secteurs sont distingués : entre la RD42 et l'avenue des Cambourins, et entre l'avenue des Cambourins et le Mirman. Pour le secteur entre la RD42 et l'avenue des Cambourins, les apports du bassin versant drainé par le fossé le long de la RD42, qui se jette dans le Vistre, ne sont pas pris en compte.

Les volumes débordés du Mirman ne sont pas traités dans ce chapitre, car ils ne peuvent être calculés qu'avec la modélisation hydraulique.

Les volumes de ruissellement apportés par chaque crue et les durées de pompage en supposant que les ouvrages ne peuvent pas s'évacuer gravitairement dans le Vistre, sont donnés dans le tableau ci après. Concernant les durées de pompage, pour les crues théoriques, l'ensemble des stations existantes est pris en compte, et pour la crue de 2005, seules deux stations ont fonctionné (d'après les données de la Mairie).

Dans le tableau, est rajouté le petit bassin versant d'Euro2000 drainé par la station de pompage (hors apport du fossé bétonné qui rejette dans le Vistre).

Tableau : volumes de ruissellement (durée 6 heures)

impluvium	surface (km ²)	coeff ruis pondéré 10/30 ans	coeff ruis pondéré 100 ans	débit pompe (m ³ /s)	pluie 2005		pluie 10ans		pluie 30ans		pluie 100ans	
					volume (m ³)	durée pomp (h)	volume (m ³)	durée pomp (h)	volume (m ³)	durée pomp (h)	volume (m ³)	durée pomp (h)
du centre ville (hors fossé)												
eurocentre (SBV13)	0.02	0.8	0.9	0.3	2384	2	1696	2	2160	2	3240	3
RD42 à Cambourins (SBV10,11,12)	0.08	0.5	0.7	0.3	5960	6	4240	4	5400	5	10080	9
Cambourins à Mirman (SBV6,7,8,9)	0.22	0.51	0.7	0.9 0.3 (2005)	16718	15	11893	4	15147	5	27720	9

En termes de volume de ruissellement, l'évènement de 2005 a une période de retour supérieure à 30 ans.

Les durées de pompage pour évacuer les eaux de ruissellement de l'impluvium, dans le cas pessimiste où il n'y a aucune évacuation gravitaire possible, ne sont pas excessives puisqu'elles varient de 4 à 9 heures avec la capacité totale du pompage (15 heures pour 2005 où une seule pompe sur les 3 fonctionnait).

Les problèmes d'inondation du centre ville se produisent donc en cas de débordement du Mirman, avec des volumes qui, dans ce cas, ne peuvent pas être évacués par les moyens de pompage du pluvial, non prévus à cet effet. C'est l'objet du chapitre suivant.

3. MODELISATION HYDRAULIQUE

Le modèle hydraulique est réalisé sur le Mirman, en complément du modèle existant sur le Vistre construit dans le cadre de l'étude CADEREAU pour la Ville de Nîmes.

Pour cela une campagne topographique complémentaire a été définie à l'issue de la phase 1.

3.1. Campagne topographique complémentaire

Cette campagne a été réalisée entre juin et septembre 2009.

Il s'agit de :

- relever **17 profils en travers du ruisseau** du Mirman étudiés afin de servir de support à la modélisation hydraulique filaire (y compris les profils du ruisseau en aval des ouvrages),
- relever **12 ouvrages de franchissement** présents sur le ruisseau du Mirman
- relever le profil en long de crête de digue ou de berge du Mirman, le linéaire total des levés est d'environ **1.8 km, sur les deux berges du ruisseau du Mirman dans le tronçon aval**
- relever un **semis de points du terrain naturel** dans la zone incluse dans le polygone représenté sur la carte au sud de la RD135. L'emprise à lever est d'environ 56 ha. Ce levé devra permettre de réaliser un Modèle Numérique de Terrain de la zone.
- Relever des fossés positionnés sur la carte fournie ci après, le linéaire total des levés est d'environ **2.6 km**

Ces éléments topographiques (hormis les fossés) sont nécessaires pour le modèle hydraulique du Mirman. Les données des fossés servent à des calculs sommaires de capacités hydrauliques des fossés.

Les profils en travers et en long et les ouvrages du Mirman ont été fournis entre le 7 juillet 2009 et le 21 septembre 2009 (rendu du semis de points total, modification du profil en long et de certains ouvrages). Le levé des fossés a été rendu le 21 septembre 2009.

3.2. Description des logiciels

L'outil utilisé pour représenter les crues du Vistre est le logiciel STREAM développé par BCEOM.

Le modèle mis en œuvre fonctionne en régime transitoire. Le régime transitoire intègre le facteur temps et permet de ce fait de travailler sur la réalité d'un événement de crue à travers la prise en compte d'un hydrogramme.

Peuvent ainsi être mis en évidence sur les paramètres hydrauliques, les phénomènes :

- de stockage dans le champ d'inondation,

- de laminage de la pointe de la crue.

Le logiciel représente les écoulements multidirectionnels suivant un maillage préétabli avec une structure dite « à casiers ». Ce maillage correspond à la réalité physique des écoulements sans toutefois représenter toutes les directions dans le plan. Les casiers peuvent communiquer entre eux lorsqu'ils sont en eau dans toutes les directions selon des lois de seuils lorsque des routes ou bourrelets séparent ces casiers ou selon des lois de frottement lorsqu'il n'existe aucun obstacle particulier. Les casiers se mettent en eau et s'assèchent au cours de la crue. Le calcul du niveau

moyen de chaque casier permet une représentation fidèle de tous les processus d'écoulement de la crue aussi bien dans sa phase ascendante que dans sa phase de résorption.

Il est complété par une modélisation filaire maillée (avec si nécessaire l'adjonction de casiers) en régime transitoire avec le logiciel INFOWORKS RS du lit mineur et majeur du Mirman, pour déterminer les lignes d'eau dans le lit mineur du Mirman, les hydrogrammes débordés sur les berges, les écoulements dans les rues et le stockage en aval.

Les notices de ces deux logiciels sont données en annexe 2 et 3.

3.3. Modèle existant du Vistre

Pour cartographier l'aléa lié aux débordements du Vistre, il est proposé d'utiliser le modèle existant mis en œuvre dans la cadre du Programme CADEREAU.

Le modèle couvre l'ensemble du champ d'inondation du Vistre et de ses affluents sur le secteur délimité :

- au Nord par l'axe RN113 – Boulevard Allende – RD6086,
- au Sud par la RD135 sur les communes de Rodilhan, Bouillargues et Caissargues,
- à l'Est, la RD6086 puis le Mas de Brignon,
- à l'Ouest, la RD14 (communes d'Aubord et de Bernis).

La superficie couverte est de l'ordre de 53 km².

Les principales frontières « physiques » intégrées dans le modèle sont :

- les axes autoroutiers (A9 et A54),
- les axes routiers (RD 6113, Boulevard Allende, RD 6086, RD 135, RD999, RD262),
- les axes ferroviaires.
- Au total le modèle existant comprend 802 casiers.

Le découpage du modèle existant est donné ci après.

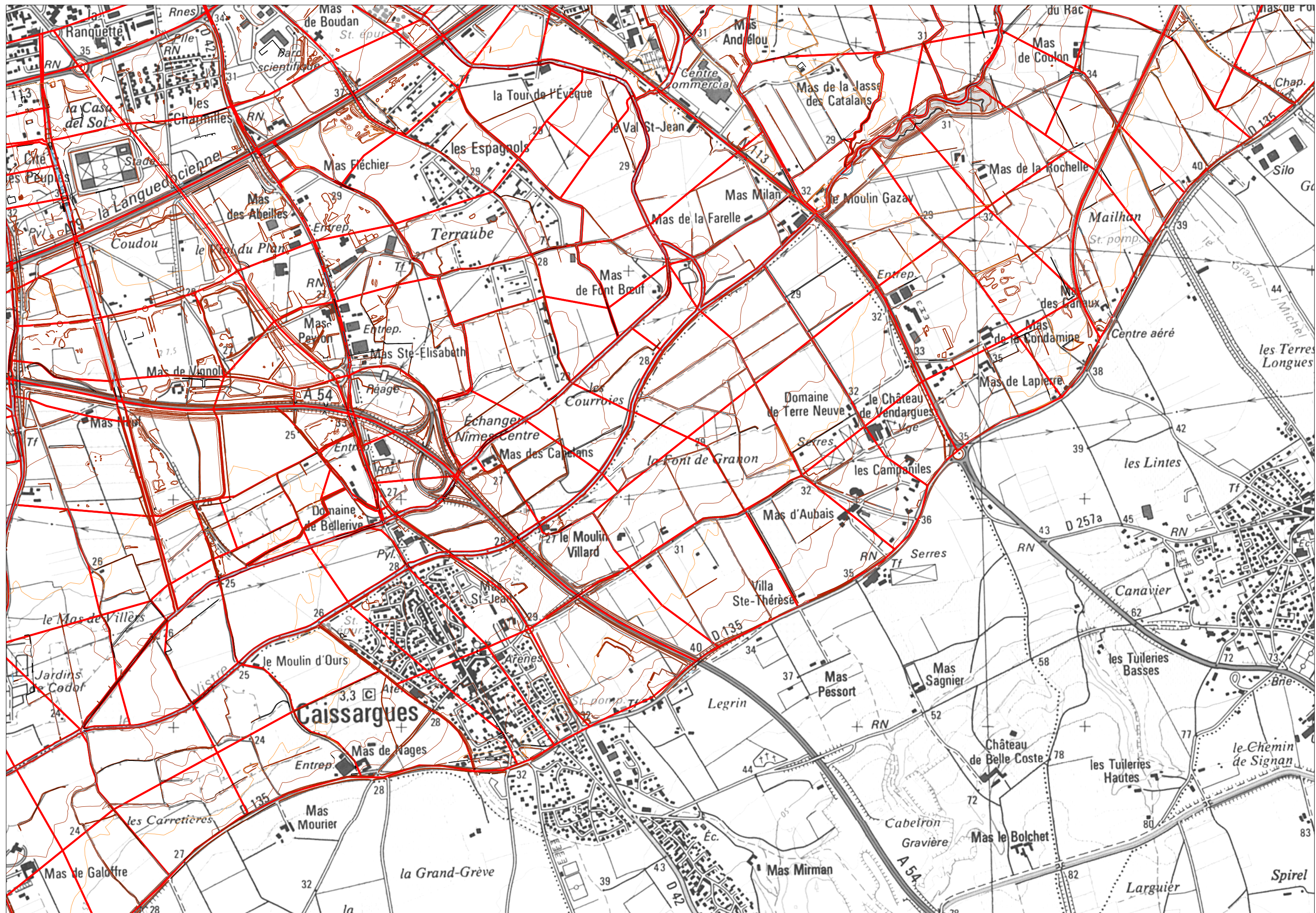
Le modèle existant permet de représenter les écoulements en crue du Vistre. Il a été calé sur les crues du Vistre de 1988 et 2005 et ses résultats ont été exploités pour la crue centennale type PPCI de la Ville de Nîmes.

Les conditions aux limites du modèle sont les suivantes :

- Limites amont : hydrogrammes de crue du Vistre et des affluents

- Limites aval : écoulement normal du Vistre au droit de Milhaud.

Les résultats des simulations des trois crues du Vistre : 2005, 1988, 100 ans PPCI, testées dans le cadre de l'étude CADEREAU sont cartographiées sur la commune de Caissargues.



3.4. Modèle du Mirman

3.4.1. Construction du modèle

Un modèle hydraulique a été réalisé sur le lit mineur et majeur du Mirman avec le logiciel INFOWORKS RS à partir des levés topographiques fournis entre le 7/07/2009 et le 21/09/09.

La modélisation des crues du Mirman est complexe. En effet, les écoulements en crue du Mirman sont dissociés entre le lit mineur et la zone inondable. Le modèle du lit mineur permet donc de calculer avec précision la ligne d'eau du Mirman (en toit dans la partie amont et endigué en aval) et les hydrogrammes surversés sur les berges et débordés dans la zone inondable, qui ne rejoignent pas le lit mineur. Ensuite, les écoulements débordés s'écoulent dans les rues, pour se stocker en aval, derrière la digue du Vistre.

La topologie du modèle et le profil en long du lit mineur et des rues sont donnés sur les figures suivantes et en annexe.

Le modèle du lit mineur est construit sur la base de 54 profils du lit mineurs et ouvrages sur un linéaire de 2.2 km entre l'amont du pont de l'école et la confluence avec le Vistre.

Les rues (Abrivado, Buttes, Costières, Canaux, Daudet) sont modélisées sur un linéaire total de 2400 m avec un profil tous les 20 m environ (soit 120 profils). Le nombre important des profils pour modéliser les rues est rendu nécessaire par la nature torrentielle des écoulements (fortes vitesses).

Deux zones de stockage ont été modélisées en aval pour représenter les inondations bloquées à l'arrière de la digue du Vistre, de part et d'autre de la route des Cambourins.

Des zones de débordements ont été modélisées aussi en rive gauche en amont et en aval de la rue de la Vaunage.

Les données topographiques du lit mineur sont issues de :

- 17 profils issus de l'étude SIEE de 2006 (notés P1 à P17)
- 5 profils relevés en juillet 2009 (notés PR1 à PR5)
- 12 profils levés en juillet 2009 en aval immédiat des ouvrages et 12 sections d'ouvrages (notés 01 à 012, rendus de façon définitive le 15 septembre 2009).
- 20 profils en travers issus de semis de points topographiques fournis par la Mairie (notés 27 à 54)

Les données topographiques du lit majeur proviennent de deux sources :

- Modèle Numérique de terrain réalisé dans le cadre de l'étude CADEREAU, entre le Vistre et le chemin des Canaux
- Levé terrestre complémentaire réalisé dans le cadre de l'étude entre le chemin des canaux et le Mirman, rendu le 16/09/09.

Les ouvrages du Mirman sont modélisés par des lois de perte de charge singulière de type Bernouilli.

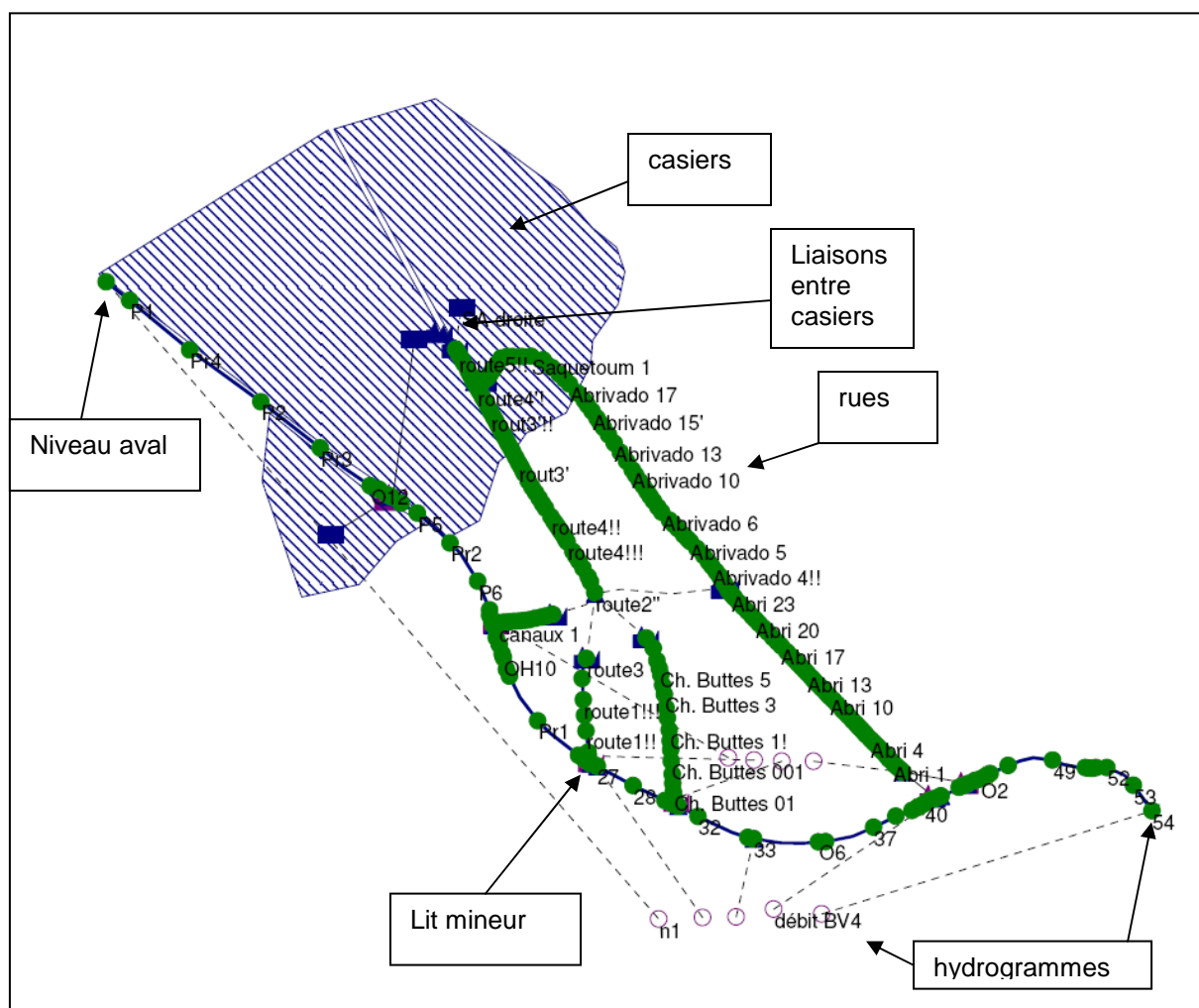
Les caractéristiques des ouvrages sont données dans le tableau ci après, avec une estimation sommaire de leur capacité (par un calcul avec la formule de Bernouilli, en supposant qu'ils sont en limite de mise en charge en aval). Ce calcul est donné à titre indicatif, les débordements du Mirman ne rejoignant pas le lit mineur, seule la modélisation peut représenter le fonctionnement hydraulique précis.

Ce tableau permet néanmoins d'identifier les ouvrages les plus limitant : OH 2 (Bellevue), OH3 (Barroncelli), OH4 (RD42), 8 (Buttes), 9 (Costières), 11 (Canaux) et 12 (Vaunage).

Tableau : caractéristiques des ouvrages




n°	localisation	type	largeurxhauteur mxm	cote fond mNGF	cote tablier mNGF	cote surverse mNGF	section m2	Dhmax m	Vmax m/s	Qmax m3/s
OH1	ch Bellevue	2 arches	2X(2.4x1.4)	40.1	41.6	42.5	6.1	0.9	3.55	21.7
OH2	ch Bellevue	cadre	4.36x 1.27	37.9	39.15	39.8	5.5	0.65	3.02	16.6
OH3	av F. Barroncelli	cadre	3.58 x 1.2	37	38.2	38.8	4.2	0.6	2.90	12.2
OH4	RD 42	cadre	3.48 x 1.2	36	37.3	38.2	4.3	0.9	3.55	15.3
OH5	rue granière	cadre	4 x 1.5	35.65	37.2	38.1	6	0.9	3.55	21.3
OH6	av Méditerranée	cadre	4 x 1.5	34.5	36	36.8	6	0.8	3.35	20.1
OH7	passerelle									
OH8	ch Buttes	cadre	4 x 1.5	32.45	33.9	34.2	6	0.3	2.05	12.3
OH9	ch Costières	cadre	3.5 x 1.3	31.1	32.4	33	4.5	0.6	2.90	13.0
OH10	RD 135	ovoïde	3.6 X 2.1	29	31.1	32.1	5.9	1	3.74	22.1
OH11	ch Canaux	cadre	3.5 x 1.3	28.4	29.7	30.3	4.6	0.6	2.90	13.3
OH12	ch vaunage	cadre	3.6 x 1.3	25.6	27	27.3	4.7	0.3	2.05	9.6

Schéma : topologie du modèle INFOWORKS

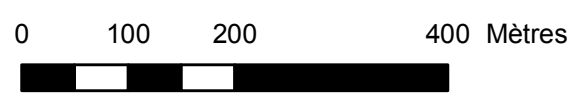




Légende

-  Profils en travers
-  Fossés
-  Réseau hydro

Octobre 2009 egiseau
 GRI 85550B - Implantation_profils.mxd - FR



3.4.2. Calage du modèle

Les hydrogrammes de la crue de 2005 issus de la modélisation hydrologique sont injectés dans le modèle, afin de vérifier la cohérence des points de débordement aux ponts et de retrouver les repères de crue dans la zone inondée. Nous disposons en effet de nombreux repère de crue relevés dans la cadre de la phase 1.

Le calage nécessite plusieurs étapes :

- modélisation hydrologique pour calculer les débits des bassins versants
- injection de ces débits dans le modèle hydraulique
- modélisation hydraulique et comparaison des cotes d'eau calculées et observées.

Les hydrogrammes calculés précédemment sont injectés en 4 points :

- Mirman amont,
- Apport BV à la RD42
- Apport du BV Garrigas
- Apports du ch des Costières

Le niveau aval pris en compte pour le Mirman est celui calculé par la modélisation de la crue 2005 du Vistre (25.2 m NGF).

Le fonctionnement des pompes sur le réseau pluvial permet d'évacuer l'impluvium local, mais pas les volumes débordés du Mirman (cf chapitre précédent).

Le calage sur les nombreux repères de crue a permis de retenir les **coefficients de Strickler** suivants du lit mineur Mirman : 25 (zone naturelle), 30 (enrochements), 35 (béton), et du lit majeur : 40 pour les rues, et **les coefficients de perte de charge** pour les ouvrages de 1.4 pour la formule de Bernouilli.

Le résultat du calage est donné dans le tableau pour les repères de crue implantés sur la carte 4 de la phase 1, le profil en long des lignes d'eau est donné en annexe.

Sur les 41 repères de crue, seuls 3 repères présentent des écarts supérieurs à 20 cm.

Etant donné l'incertitude de certains repères (hauteurs d'eau dans les rues, ...) et la complexité de la modélisation (lit en toit, écoulement dans les rues, ...), le calage est satisfaisant et la modélisation permet de représenter les écoulements du Mirman en crue.

3.4.3. Sensibilité du modèle

Le modèle du lit mineur du Mirman est peu sensible aux variations de coefficients de strickler ou de perte de charge singulière du lit mineur. En effet, une variation de ces coefficients entraine une variation du débit surversé au droit des ponts, sans retour au lit mineur. Les conditions d'écoulement dans le lit mineur varient donc peu à partir de la crue débordante, ainsi que dans les zones de stockage en aval (les hydrogrammes déversés se retrouvent tous en aval, quelle que soit le point de débordement).

Par contre, les conditions d'écoulement sont plus difficiles à calculer pour les rues. D'une part, la modélisation simplifie obligatoirement les conditions réelles d'écoulement : on suppose qu'il n'y a pas de déperditions latérales dans les maisons et que toute l'eau s'écoule sur la largeur de la rue. D'autre part, une variation de coefficient de Strickler de la rue de 25% ($K=50$ au lieu de 40) entraine une variation de hauteur d'eau de 10 cm environ ($H=0.5$ m au lieu de 0.6m).

Zonage du risque inondation à l'échelle communale et intégration dans les documents d'urbanisme

repère	n°repère	hauteur obs (m)	cote observée (mNGF)	cote calculée (mNGF)	écart (m)	observation
mirman OH2 bellevue	phe_157		39.9	39.48	-0.42	repère douteux, pas de débordement observé
mirman OH4 RD42	phe_158		38.44	38.36	-0.08	
mirman RD berge amont passerelle	phe_159		35.88	35.65	-0.23	
mirman OH8 Buttes	phe_160		34.47	34.39	-0.08	
mirman OH9 Costières	phe_161		33.66	33.52	-0.14	
mirman OH11 Canaux	phe_162		30.37	30.36	-0.01	
mirman OH12 Vaunage	phe_164		27.15	27.39	0.24	
mirman berge RG	phe_170		25.55	25.57	0.02	
mirman berge RD	phe_165		25.84	25.75	-0.09	moyenne lit mineur/majeur
ch Buttes	phe1	0.2	31.4	31.42	0.02	
ch Buttes	phe_169	0.1	30.9	31.06	0.16	cote 31.69 fausse (10 cm eau, TN=30.8 NGF)
ch Buttes	phe2	0.1	30.9	31.04	0.14	
ch Buttes	phe15	0.1			0	
ch Costières	phe3	0.1	31.8	32.2	0.4	
ch Costières	phe_168	0.3	30.6	30.9	0.3	cote 27.74 fausse (0.3 sur route, TN=30.3 NGF)
ch canaux	phe_163		30.29	30.28	-0.01	
rue Daudet	phe14	0.4	29.45	29.55	0.1	
rue Daudet	phe_173		28.72	28.65	-0.07	
rue Daudet	phe4	0.4	28.4	28.49	0.09	
rue Daudet	phe5	0.4	28.2	28.24	0.04	
rue Daudet	phe_172		28.41	28.15	-0.26	cote douteuse > cote amont
rue Daudet	phe6	0.5	28	27.89	-0.11	
rue Daudet	phe7	0.5	27.6	27.6	0	
rue Daudet	phe_171		27.65	27.56	-0.09	
ch Vaunage	phe_166		27.5	27.52	0.02	
pl Marie Rose Pons	phe12	0.2	27.2	27.4	0.2	
rue Cambourins	phe_167		27.5	27.4	-0.1	
rue Vaccarès	phe8	0	26.6	26.5	-0.1	moyenne profil aval/casier
rue Sarcelles	phe18	0.45	26.1	26.06	-0.04	
rue des cistes	phe 9	0.4	26.2	26.06	-0.14	
rue des cistes	phem7		26.25	26.06	-0.19	
av cévennes	phe16	0.5	26.2	26.06	-0.14	
rue micoucouliers	phem6		26.25	26.06	-0.19	
rue Caroubiers	phe11	0.6	26.1	26.06	-0.04	
rue Caroubiers	phem5		26.25	26.06	-0.19	
av lavandins	phem4		26.08	26.06	-0.02	
av lavandins	phe17	0.5	26.1	26.06	-0.04	
av Camargue	phem1 à phem3		26.08	26.06	-0.02	
rue Chanclair	phe13	0.6	26.3	26.48	0.18	
rue Chanclair	phem8 et m9		26.4	26.48	0.08	
rue Chanclair	phe19	0.5	26.3	26.48	0.18	

Tableau : calage du modèle

3.5. Simulation des crues du Mirman

Les crues de 10, 30 et 100 ans sont ensuite modélisées et permettent de calculer les hydrogrammes surversant dans la zone inondable.

Les hydrogrammes de crue calculés par le modèle hydrologique sont injectés dans le modèle hydraulique :

- en amont du modèle (bassin versant amont)
- apports au niveau de la RD42
- apport du Garrigas
- apport du chemin des Costières

Les débits de pointe sont rappelés dans le tableau suivant.

Tableau : débit de pointe des apports du Mirman

Point d'injection	Débit 10 ans	Débit 30 ans	Débit 100 ans
amont	16	21	37
RD42	2.1	2.8	4.9
Garrigas	5.1	6.8	14
Ch Costières	1.9	2.4	4.1

Les apports du réseau pluvial du centre ville se présentent sous forme de volumes et non de débits de pointe, et sont donnés dans le chapitre spécifique 2.4.2.

Le niveau aval du Mirman pris en condition limite aval des calculs est compris entre 24 m NGF (pour la crue 10 ans) et 25.5 m NGF (pour la crue 100 ans), correspondant à un niveau du Vistre calculé pour la crue 100 ans PPCI. L'influence de ce niveau aval est néanmoins peu sensible, puisque qu'à environ 250 m en amont de la confluence, les niveaux d'eau calculés pour le Mirman sont sensiblement les mêmes pour les 3 crues.

Les lignes d'eau calculées dans le lit mineur du Mirman pour les 3 crues sont données sur les figures en annexe.

Les lignes d'eau sont différentes en amont des ouvrages jusqu'à la RD42, en aval, les lignes d'eau sont sensiblement les mêmes pour toutes les crues, étant donné que les débordements qui se produisent en amont rejoignent le centre ville et ne retournent pas dans le lit mineur du Mirman.

Le tableau suivant donne l'évolution des débits dans le lit mineur du Mirman et des débits débordés aux principaux points. Les surverses ont lieu principalement en amont des ouvrages en rive droite et rejoignent les rues pour se stocker en aval derrière la digue.

Les volumes stockés en aval à l'est et à l'ouest de l'avenue des Cambourins sont donnés dans le tableau.

Pour la crue décennale et trentennale, les surverses principales ont lieu aux ouvrages de la RD42 (OH3 et 4), puis du chemin des Buttes et des Costières.

Pour la crue centennale, des débordements supplémentaires ont lieu en amont du premier pont de Bellevue, puis surtout à l'OH 2 en amont de la RD42. Plus en aval, on retrouve les mêmes débordements que pour les crues plus faibles avec des débits un peu plus élevés.

Les débordements des ouvrages 2, 3 et 4, rejoignent l'avenue de l'Abrivado (hauteur d'eau 0.5 m sur la partie amont jusqu'au ch des Canaux, 0.4 à 0.7 m ensuite, et près de 1 m dans la rue Saquetoum, et vitesses maximales atteignant 4 m/s en amont pour 100 ans), avec une répartition plus en aval

Zonage du risque inondation à l'échelle communale et intégration dans les documents d'urbanisme

entre le chemin des Canaux (vers la rue Daudet). Les hauteurs d'eau pour la crue 100 ans sont supérieures par rapport à la crue 30 ans de 20 cm dans la rue de l'Abrivado et de 50 cm dans la rue Saquetoun et celles de 30 ans de 10 cm dans l'Abrivado et 20 cm dans Saquetoun par rapport à 10 ans.

Les débordements rue des Canaux, ch des Buttes et Costières se retrouvent dans la rue Daudet (hauteur d'eau atteignant 1 m et vitesse atteignant 3 m/s pour 100 ans). Les hauteurs d'eau pour la crue 100 ans sont supérieures par rapport à la crue 30 ans de 40 cm, et celles de 30 ans de 15 cm par rapport à 10 ans.

La rue des Cambourins récupère les écoulements de la rue Daudet et Abrivado, pour se répartir pour la plus grande part côté ouest vers la place du Vaccarès, et dans une plus faible part vers l'est de la rue des Cambourins.

Les écoulements se stockent derrière les digues du Vistre (cote de la digue entre 26.6 et 27 m NGF) et du Mirman (cote de la digue entre 26.3 et 26.5 m NGF et mur à 27 NGF), sous des cotes d'eau de 26.9 m NGF pour 100 ans, soit environ 50 à 60 cm plus hautes qu'en 2005.

Les hauteurs d'eau dans les principales rues sont données dans le tableau suivant.

Tableau : hauteurs d'eau (m) et vitesses (m/s) dans les rues

rue	10 ans	30 ans	100 ans
Abrivado amont ch Canaux	0.2 m – 2m/s	0.3 m– 2.5m/s	0.5 m– 3.5 à 4 m/s
Abrivado aval ch Canaux	0.2 m– 1.6 m/s	0.3 m– 1.7 m/s	0.5 m– 2 à 2.5 m/s
Saquetoun	0.4 m– 0.6 m/s	0.5 m– 0.7 m/s	0.7 m– 1.1 m/s
Daudet	0.5 m– 2 m/s	0.6 m– 2.2 m/s	1 m– 3 à 3.5 m/s
Cambourins amont place Vacares	0.5 m– 2 m/s	0.6 m-2.4 m/s	1 m – 3 à 4 m/s

Zonage du risque inondation à l'échelle communale et intégration dans les documents d'urbanisme

Tableau : résultats des modélisations

débit lit mineur (m3/s)	débit surversé (m3/s)	débit dans rue (m3/s)	volume stocké (m3)	10 ans	30 ans	100 ans
amont - OH2				16	21	37
	Rive droite OH2					8
OH2 - OH3				16	21	25
	rive droite OH3+4			5	10	15
		Abrivado amont ch Canaux		5	10	24
RD42 (OH4)- Garrigas				13	13.5	14
Garrigas - ch Buttes				18	20.5	29
	rive droite ch des Buttes	ch Buttes		2	3.5	9.6
ch Buttes - ch Costières				16.5	17.3	19
	rive droite ch Costières	ch Costières		3.9	4.9	7.3
Costières - ch Canaux				14.4	15	16
	ch Canaux			0.7	1	1.6
		rue Daudet		8.7	13.8	30
		Abrivado aval ch Canaux		3	5	12
ch Canaux - av Vaunage				13.9	14	14.9
	av Vaunage rive droite	av Vaunage		0.9	1	1.3
	av Vaunage rive gauche			0.8	1	1.2
Vaunage - aval				12	12	12.4
		rue Cambourins		11.5	19	42
		Cambourins vers Chanclair		1.8	3	6
			est Cambourins	6100	9600	26600
			cote d'eau (mNGF)	26.46	26.53	26.86
		Cambourins vers Vacares		9.7	16	36
			ouest Cambourins	32100	55450	153000
			cote d'eau (mNGF)	25.98	26.22	26.9

3.6. Capacités des fossés

La capacité des fossés relevés par le géomètre a été calculée par la formule de Manning Strickler.

Le fossé situé à l'est de la RD42 sur le tronçon en amont du rond point d'Euro 2000 n'ayant pas fait l'objet de levé récent, les plans du levé de la route réalisés par le Conseil Général ont été utilisés.

Les résultats des calculs de capacités sont donnés dans les tableaux suivants.

L'implantation des profils relevés par le géomètre est donnée sur les figures ci après

3.6.1. fossé Barnier

Ce fossé longe la partie est du chemin des Costières sur la commune de Caissargues, puis traverse le chemin des Costières à angle droit par une buse de diamètre 1000 mm (de pente nulle). Il s'écoule ensuite direction est-ouest vers le ruisseau de Campagne sur la Ville de Nîmes.

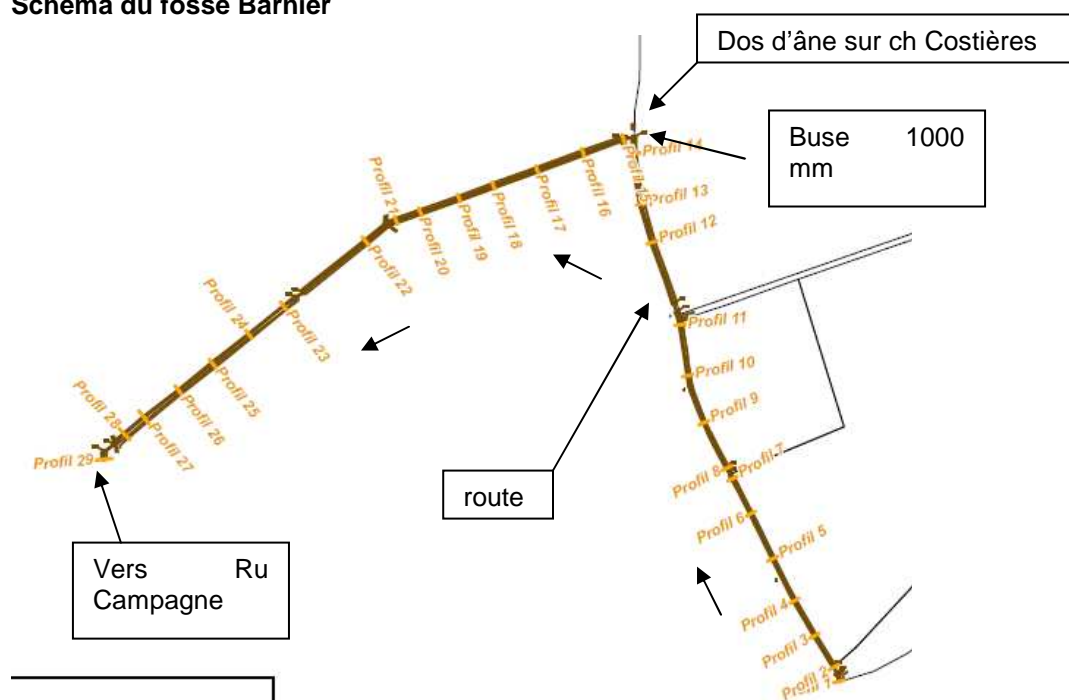
Sa capacité sur le linéaire de la ville de Caissargues, le long du chemin des Costières varie de 3 à 5 m³/s (profil 1 à 14), soit un débit inférieur au débit décennal théorique du bassin versant d'environ 7 m³/s (à l'amont le fossé draine environ 67% du bassin versant total calculé dans la modélisation hydrologique).

Les débordements se produisent en rive gauche, sur le chemin des Costières en déblai par rapport aux terrains. Une partie des débordements sur la route rejoint le fossé de la route situé en rive gauche de la route. Les écoulements sur la route sont bloqués partiellement par un dos d'âne et retourne vers le fossé sur la commune de Nîmes..

Outre la capacité insuffisante du fossé amont, qui provoque des débordements sur la route, les écoulements du fossé est ne peuvent pas transiter correctement sous la route par la buse à angle droit et de pente nulle.

Par contre le fossé situé à l'ouest sur la commune de Nîmes a une capacité plus importante de 6 à 13 m³/s (profil 15 à 22), puis de 10 à 16 m³/s (profils 23 à 29). Ce tronçon a une capacité d'évacuer le débit de période de retour 30 ans environ (13 m³/s).

Schéma du fossé Barnier



3.6.2. fossés du secteur Euro2000

Le secteur Euro2000 est encadré par deux fossés : un à l'est le long de l'autoroute, un à l'ouest le long de la RD42.

Le fossé le long de l'A54 récupère les eaux de l'autoroute et d'un bassin versant en bord de l'autoroute en amont de la RD135 en remblai (bassin versant BV6 sur la carte des bassins versants). Le débit théorique calculé pour ce bassin versant (5 m³/s pour 10 ans) est en réalité écrêté par la buse de diamètre 600 mm sous le remblai d'accès à la RD 135 (largement inférieur au m³/s). La capacité du fossé le long de l'A54 en aval dans la traversée d'Euro2000 est d'environ 2 à 3 m³/s. Ce fossé est de plus éloigné de plus de 5 m des parcelles d'Euro 2000. Ce fossé est donc largement dimensionné pour transiter les débits et les risques de débordements sur Euro 2000 sont faibles.

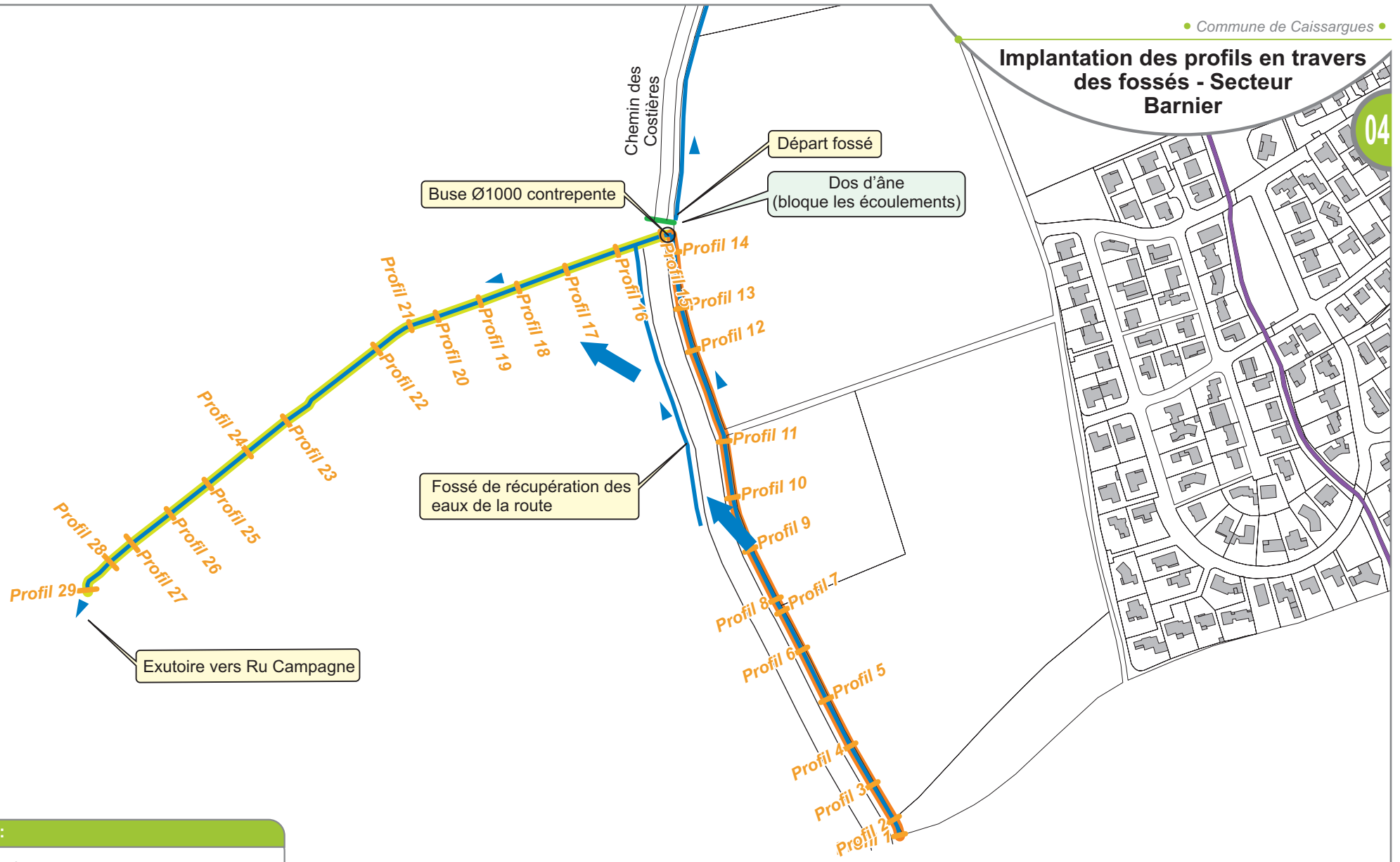
Le bassin versant de la ZAC Euro2000 est drainé par le fossé le long de la RD42. Ce fossé récupère en amont le bassin versant du lotissement en amont de la RD 135 (noté SBV15 sur la carte), de débit 5 m³/s pour 100 ans. La capacité de ce fossé jusqu'au rond point d'Euro 2000 est de 5 à 6 m³/s, supérieure au débit 100 ans du bassin versant.

A partir du rond point, le fossé récupère des apports d'Euro2000 et devient bétonné. Sa capacité varie entre 11 et 13 m³/s, ce qui permet d'évacuer aussi le débit théorique 100 ans, de 12 m³/s (pour les SBV14+15).

Les fossés d'Euro 2000 ont donc une capacité suffisante pour évacuer le pluvial, pour un niveau aval non influencé par le Vistre.

Implantation des profils en travers des fossés - Secteur Barnier

04



Légende :

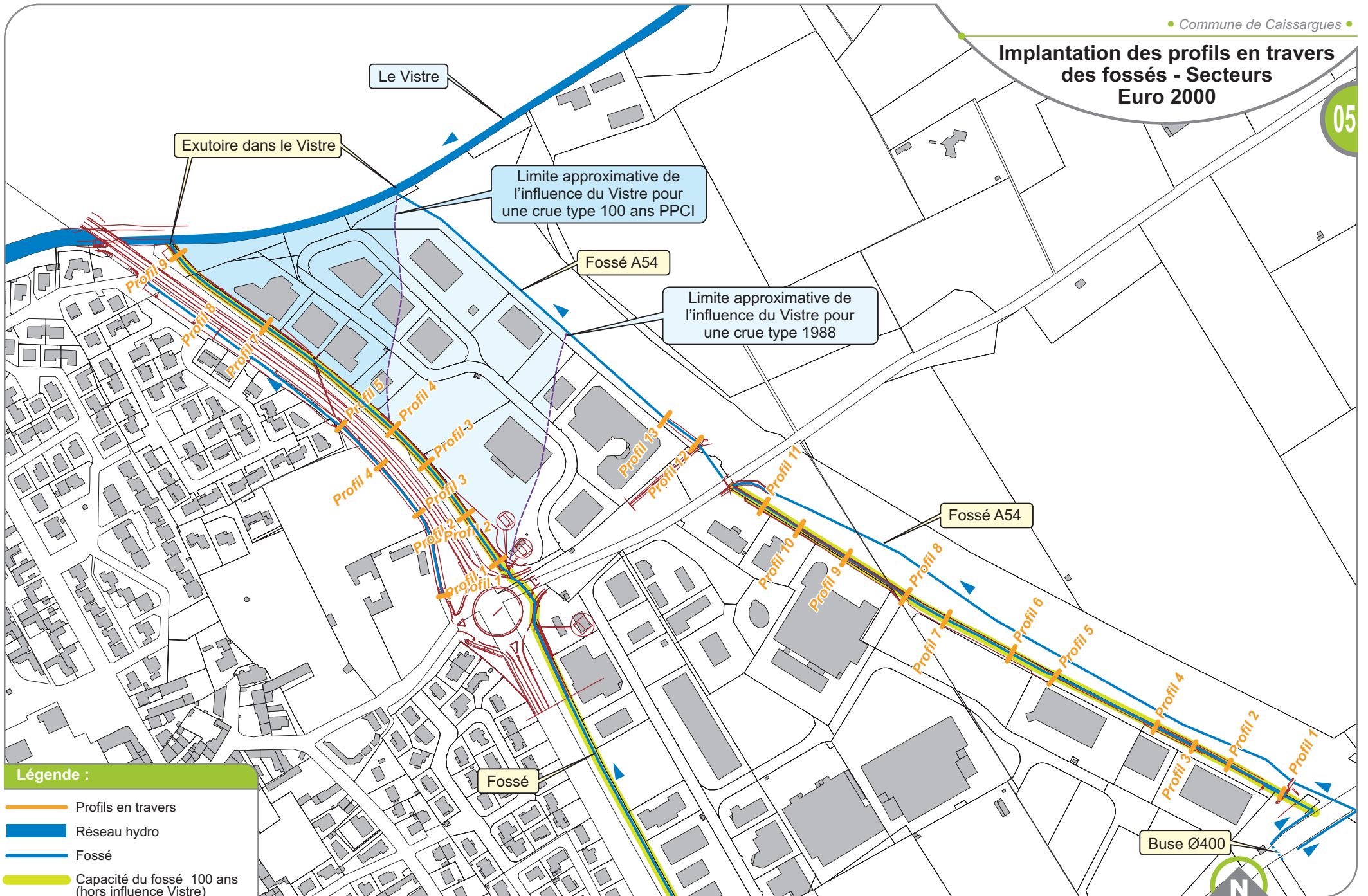
- Profils en travers
- ← Débordement sur la route
- Fossé
- Capacité du fossé inférieure à 10 ans
- Capacité du fossé environ 30 ans



0 100 200m

Implantation des profils en travers des fossés - Secteurs Euro 2000

05



Légende :

- Profils en travers
- Réseau hydro
- Fossé
- Capacité du fossé 100 ans (hors influence Vistre)



Zonage du risque inondation à l'échelle communale et intégration dans les documents d'urbanisme

Tableau : résultats du fossé de Barnier

profil	cote fond (mNGF)	cote RG (mNGF)	cote RD (mNGF)	longueur (m)	pente (m/m)	largeur base (m)	largeur gueule (m)	hauteur RG (m)	hauteur RD (m)	m (m/m)	capacité RG (m3/s)	capacité RD (m3/s)
1	42	43.1	43.9	0		2.35	3.45	1.1	1.9	0.09		
2	41.3	42.4	42.9	12	0.06	0.84	3.07	1.1	1.6	0.21	5.21	9.38
3	40.2	41.4	42.2	44	0.03	0.3	3.18	1.2	2	0.23	1.75	4.75
4	39.3	40.6	41.1	79	0.03	0.45	2.86	1.3	1.8	0.19	2.27	4.01
5	38.4	39.6	39.9	120	0.02	0.44	2.75	1.2	1.5	0.21	1.89	2.80
6	37.7	38.7	39.2	163	0.02	0.48	2.77	1	1.5	0.23	1.36	2.72
7	37.1	38	38.9	198	0.02	0.67	3.64	0.9	1.8	0.28	1.79	5.86
9	36.2	37.2	37.6	253	0.02	0.3	2.9	1	1.4	0.27	1.09	2.10
10	35.8	36.7	37.3	298	0.01	0.56	3.51	0.9	1.5	0.31	1.13	2.81
12	34.7	35.7	36.4	418	0	0.8	4.4	1	1.7	0.33	1.34	3.37
15	34.5	35.4	36.1	523	0	1	4.3	0.9	1.6	0.33	1.41	3.67
16	34.1	35.7	36	558	0.01	1.9	4.8	1.6	1.9	0.21	10.44	13.51
19	33.3	34.9	35.1	672	0.01	1.3	4.5	1.6	1.8	0.24	5.27	6.35
22	32.7	34.4	34.2	761	0.01	1.4	5	1.7	1.5	0.28	6.61	5.41
23	32.1	33.9	33.8	851	0.01	3.5	4.9	1.8	1.7	0.1	18.04	16.64
25	31.8	33.8	33.7	931	0	2.4	5.5	2	1.9	0.2	12.56	11.64
28	31.6	33.5	33.4	1032	0	3.2	6	1.9	1.8	0.19	15.16	14.00
29	31.5	33.4	33	1070	0	0.6	5	1.9	1.5	0.32	2.62	1.67

Tableau : résultats des fossés de l'A54 et la RD42 (Euro2000)

n° profil	cote fond (mNGF)	cote RG (mNGF)	cote RD (mNGF)	longueur (m)	pente (m/m)	largeur base (m)	largeur gueule (m)	hauteur RG (m)	hauteur RD (m)	m (m/m)	capacité RG (m3/s)	capacité RD (m3/s)
fossé A54 pl5												
1	32	32.8	32.8	0		0.7	1.8	0.8	0.8	0.172		
3	30.4	31.9	31.5	90	0.018	0.6	5.1	1.5	1.1	0.433	5.39	2.97
5	28.8	30.1	30.1	200	0.015	0.45	2	1.3	1.3	0.149	1.48	1.48
6	28.1	30	30	240	0.018	2.3	7.5	1.9	1.9	0.342	23.96	23.96
8	27.6	29.5	29.1	350	0.005	0.6	10	1.9	1.5	0.691	6.74	4.02
10	27.3	29.3	29.1	460	0.003	0.6	5.5	2	1.8	0.322	2.94	2.40
12	27	28	28	570	0.003	1.7	5.2	1	1	0.438	2.62	2.62
fossé est RD42 amont (planche 4 topo RD42)												
1	28.8	30.6	30.6	0	0.000	1	4.5	1.8	1.8	0.243		
2	26.7	28.5	28.5	250	0.008	1	4.5	1.8	1.8	0.243	5.57	5.57
fossé est RD42 aval (béton)												
1	26	27.9	27.9	0	0.000	4	5	1.9	1.9	0.066		
2	25.8	27.4	27.4	60	0.003	2.8	4.8	1.6	1.6	0.156	11.00	11.00
3	25.7	26.9	26.9	120	0.002	2.8	3.7	1.2	1.2	0.094	4.92	4.92
4	25.5	27.3	27.3	160	0.005	2.6	3.5	1.8	1.8	0.063	13.24	13.24
6	25.3	26.8	26.8	260	0.002	2.8	3.7	1.5	1.5	0.075	7.27	7.27
8	25.1	27.3	27.3	360	0.002	2.9	3.8	2.2	2.2	0.051	12.50	12.50
fossé ouest RD42												
1	25.5	27.6	27.6	0		1.3	6.5	2.1	2.1	0.310		
3	25.3	27.8	27.8	80	0.002	0.6	6.4	2.5	2.5	0.290	3.99	3.99
5	25.3	27.7	27.7	180	0.000	1.4	7.4	2.4	2.4	0.313		
1	25.1	28	28	280	0.002	1.1	10	2.9	2.9	0.384	9.20	9.20
3	25.1	27.4	27.4	400	0.000	0.5	9.2	2.3	2.3	0.473		

4. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

4.1. Le Vistre

La cartographie des zones inondées du Vistre est réalisée pour les 3 crues du Vistre : 2005, 1988, et 100 ans PPCI, à partir des résultats des simulations de l'étude CADEREAU réalisée pour la Ville de Nîmes.

Sur les cartes, sont repérés les cotes d'eau, débits et vitesse, ainsi que les iso-hauteurs d'eau tous les 50 cm.

Cette cartographie est donnée à **titre indicatif** sachant qu'une étude d'aléa est en cours pour la DDE permettant de définir les débits de crue de référence du Vistre ainsi que les zones inondées qui serviront de base au PPRI.

En particulier la crue 100 ans PPCI simulée dans le cadre de l'étude CADEREAU n'est pas la crue centennale du Vistre qui doit faire l'objet d'une estimation dans le cadre de l'étude DDE.

Les crues du Vistre types 2005 et 100 ans PPCi ne débordent pas dans le centre urbain de Caissargues. Ces crues débordent en amont de l'autoroute et en aval du Mirman dans les zones agricoles. Seule la crue type 1988 est débordante dans les zones habitées de Caissargues.

Une comparaison a été réalisée avec les cartographies de zone inondable du Vistre existantes, à savoir, la crue exceptionnelle du Vistre cartographiée dans le plan de sauvegarde, et la crue issue du PPRI de 1996.

La cartographie obtenue pour la crue type 1988 est sensiblement la même que celle de la crue exceptionnelle du plan de sauvegarde. Par contre, l'emprise de la zone inondée est plus importante que celle issue du PPRI de 1996, notamment sur la zone Euro 2000, non inondée d'après la carte du PPRI reportée dans l'étude SAFEGE.

4.2. Le Mirman

La cartographie des zones inondées du Mirman est réalisée pour les 3 crues 10 ans, 30 ans, et 100 ans, à partir des résultats des simulations réalisées dans le cadre de cette étude.

Sur les cartes, sont repérés les cotes d'eau, débits et vitesse, ainsi que les iso-hauteurs d'eau tous les 50 cm, ainsi que les enjeux ponctuels cartographiés en phase 1.

La cartographie des inondations du Mirman est délicate, étant donné que ce cours d'eau est artificialisé et en toit (c'est-à-dire que le lit mineur est perché par rapport au lit majeur). De plus, ses débordements s'écoulent dans le centre urbain, au départ uniquement dans les rues à forte pente, et en aval, restent stockés derrière les digues du Mirman et du Vistre dans les zones de lotissement.

En amont, les écoulements sont modélisés uniquement dans les rues, les hauteurs d'eau sont fortes surtout pour la crue centennale. Les cotes d'eau dans les rues ne sont d'ailleurs pas représentatives des cotes d'eau dans les habitations éloignées.

La cartographie de l'inondation en centre urbain dense est délicate. La méthodologie utilisée est donc de cartographier la limite inondable à partir des résultats de hauteurs d'eau calculées dans les rues et de l'enquête de terrain qui permet d'appréhender les cotes de seuil des habitations. Si les seuils sont supérieurs aux hauteurs d'eau dans les rues, les habitations ne sont pas cartographiées dans la zone inondable, sinon la rangée d'habitations longeant la rue est intégrée dans la zone inondée (ceci afin de pouvoir quantifier dans la phase ultérieure les dommages aux habitations).

Pour le secteur aval, où les écoulements restent bloqués derrière la digue pendant plusieurs heures, la cartographie des zones inondées est réalisée à partir des résultats de cotes d'eau et de la topographie du terrain naturel.

Cette cartographie a été comparée aux cartographies existantes, à savoir celle du plan de sauvegarde et celle de 2005 issue de l'étude Safège (il n'y a pas de carte de zone inondée dans l'étude de diagnostic hydraulique de SIEE).

Par rapport à l'étude du plan de sauvegarde, on retrouve les principales zones inondées, cependant cette étude ne prenait pas en compte les maisons le long des rues, et l'inondation aval ne remontait pas au-delà de la place du Vacarès. Dans le cadre de la présente étude, le secteur compris entre la rue de Vaunage et la place du Vacarès a été cartographié en zone inondable, car des écoulements en provenance de la rue du Cambourins et de la rue de Vaunage peuvent transiter par le parc de jeu derrière la bibliothèque pour rejoindre la zone inondée par stockage à l'arrière des digues.

Par rapport à la carte de Safège, l'inondation 100 ans est sensiblement la même que celle cartée par Safège pour 2005, hormis deux secteurs : rive gauche amont du Mirman (erreur de cartographie de Safège) et secteurs d'habitations autour de la rue de Soleiado (d'après l'enquête de terrain, la rangée d'habitations dense le long de la rue Daudet limite les écoulements à l'arrière). Rappelons que la cartographie de Safège pour 2005 était sommaire et ne reflétait pas les zones réellement inondées issues de l'enquête de terrain de phase 1.

Le Mirman présente un fonctionnement hydraulique particulier. En effet les débordements se produisant en amont pour les crues supérieures, et les débits débordés ne rejoignant pas le lit mineur, le débit du lit mineur est écrêté en aval à la même valeur pour toutes les crues.

La cartographie des zones inondées pour 10 ans et 30 ans présentent donc peu d'écart (de même ordre que pour la crue 2005). Les hauteurs d'eau dans la zone aval sont de l'ordre de 50 cm. L'inondation due à ce type de crue est proche de celle de 2005.

Pour la crue centennale, l'inondation est plus importante aussi bien en amont qu'en aval. Rappelons que les coefficients de ruissellement utilisés sont plus importants que pour les crues 10 et 30ans (0.6 pour le rural au lieu de 0.45), ce qui explique les écarts de débits.

Le débit supplémentaire déborde en amont vers la rue de l'Abriado et le débit transitant en aval dans le lit mineur du Mirman est proche de celui calculé pour les crues plus faibles, jusqu'aux apports suivants du Garrigas et des Costières. Les débits supplémentaires débordent alors aux ouvrages ch des Buttes et des Costières, et le débit transitant dans le lit mineur du Mirman en aval des Costières est donc sensiblement le même que celui calculé pour les crues plus faibles.

Les hauteurs d'eau dans les rues Daudet et Saquetoum, qui récupèrent tous les écoulements, sont très importantes (de l'ordre du m). L'inondation dans le quartier aval des Cambourins est elle aussi importante avec environ 1 m d'eau (soit environ 50 cm en plus de la crue de 2005). Ceci est dû au blocage des eaux par les digues du Mirman et du Vistre.

5. ORIENTATION POUR LA PHASE 3 : REDUCTION DU RISQUE

Il s'agit de proposer des mesures pour réduire le risque inondation dans les zones à enjeux.

5.1. Analyse qualitative du risque

L'analyse du risque est réalisée en phase 3 dans le cadre de l'étude de dommage réalisée par croisement de la carte d'aléa et de celle des enjeux.

Cependant, d'ores et déjà, il est possible de distinguer les principales zones de risque sur la commune.

En effet, le risque inondation sur la commune dans les zones à enjeux est essentiellement dû aux **débordements du Mirman**, qui touchent tout le **centre urbain** de Caissargues et ceci dès les **crues fréquentes**.

Le Vistre touche les mêmes zones urbanisées en aval que les débordements du Mirman, mais pour des crues rares de type 1988.

Les débordements du Mirman touchent des zones déjà urbanisées, et une zone prévue à l'urbanisation en rive gauche, à l'amont du chemin de Vaunage.

Le ruissellement pluvial touche peu les zones à enjeux, excepté indirectement le fossé Barnier, dont les débordements exceptionnels peuvent se produire sur le chemin des Costières et surcharger le Mirman, alors que son bassin versant naturel est le ru des Campagnols.

5.2. Propositions de mesures de réduction de risque

Pour les zones à enjeux en amont, habitations en bordure des rues de l'Abrivado, ch des Buttes, Costière et Daudet, la nature du risque (écoulements dans les rues avec des seuils habitables en général au dessus du terrain naturel) permet d'envisager des mesures individuelles (de type batardeau).

Par contre, pour la zone aval (lotissement Cambourins et Chanclair) le type d'inondation (stockage sur plusieurs heures avec des hauteurs pouvant atteindre plus de 1 m) seules des mesures structurelles peuvent être envisagées pour réduire le risque.

A ce titre, les aménagements envisagés par la commune permettraient de réduire le risque dans les zones urbanisées.

Il s'agit principalement du **bassin de rétention sur la Mirman amont** pour écrêter le débit du Mirman si possible à la capacité du ruisseau en aval. La capacité du Mirman en aval est limitée en premier lieu par les ouvrages.

L'augmentation de la **capacité des ouvrages** les plus limitant peut être envisagée sous réserve de ne pas aggraver les inondations en aval.

L'écrêtement des apports du Garrigas et des Costières permettrait de soulager aussi les ouvrages limitant des Buttes et des Costières. Les bassins de rétention sur le réseau pluvial du Garrigas sont prévus pour le ruissellement pluvial du lotissement, et ne permettent pas d'écrêter les crues rares du Garrigas.

Des **aménagements sur le fossé Barnier** permettraient de réduire les débordements sur le chemin des Costières. Dans un premier temps, des travaux peu coûteux peuvent être envisagés : remplacement de la buse 1000 mm de pente nulle à angle droit sous le chemin des Costières, par un ouvrage correctement dimensionné, et surélévation du dos d'âne. Ces aménagements pourraient être complétés par un bassin de rétention.

Pour la zone de lotissement en aval (Cambourins et Chanclair) il est important d'améliorer la vidange des eaux bloquées à l'arrière des digues du Mirman et du Vistre.

L'aménagement d'un **bassin de rétention aval** dans la zone non urbanisée derrière la digue du Vistre, associée à une **station de pompage** de débit important et à un **ouvrage vanné dans la digue** du Vistre pour l'évacuation gravitaire, permettrait d'améliorer sensiblement le fonctionnement aval.

L'objet de la phase 3 est de tester les propositions d'aménagements sur le modèle hydraulique du Mirman avec une analyse économique du projet.

ANNEXES

Annexe n°1 : Notice du logiciel hydrologique SIREA

LOGICIEL SIREA

Concepteur : BCEOM

Objet

Simulation du Ruissellement des EAux pluviales.

PRINCIPE DE CALCUL

Le processus d'écoulement des eaux de surface est lié à un très grand nombre de phénomènes physiques dont la prise en compte ne peut être abordée que par l'intermédiaire d'une modélisation de façon à reconstituer aussi finement que possible la formation et la propagation des hydrogrammes de crue tout au long d'un réseau.

*Le modèle **SIREA** a été élaboré pour simuler le fonctionnement des réseaux à structure arborescente, il comprend les deux fonctions essentielles suivantes :*

- ***une fonction de production** qui dans le cas présent définit au droit de chaque sous-bassin élémentaire l'hydrogramme correspondant au hyétogramme simulé,*
- ***une fonction de transit** qui permet de reconstituer fidèlement le processus de propagation des hydrogrammes tout au long du réseau.*

Fonction de production

♦ *Modèle urbain*

L'approche synthétique du problème nous a conduit vers un modèle résultant de l'association d'une équation de continuité traduisant la conservation des volumes et d'une équation de stockage proprement dite.

Le bassin versant est assimilé à un réservoir dans lequel ce qui rentre, est la pluie introduite par l'intermédiaire de son intensité $i(t)$, ce qui sort est le débit $Q(t)$ à l'exutoire considéré. Les quantités stockées $S(t)$ sont fonction directe des quantités évacuées $Q(t)$, étant entendu que $i(t)$, $Q(t)$ et $S(t)$ sont liés ensemble par l'équation de continuité suivante :

$$dS/dt = i(t) - Q(t)$$

L'équation de stockage retenue, est l'équation d'un réservoir dans lequel le stockage varierait linéairement avec le débit de sortie soit :

$$S(t) = K Q(t)$$

La fonction de production retenue dans le modèle provient du programme RERAM mis au point par le Centre d'Etude Technique de l'équipement d'AIX-EN-PROVENCE avec la collaboration du Laboratoire d'Hydrologie Mathématique de MONTPELLIER. La fonction de production a été établie et calée sur 146 pluies et 13 bassins versants. Ce programme est proposé dans le cadre de l'Application des nouvelles directives de l'instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations. La fonction de production du programme **SIREA**, de par son origine, reconstitue donc les hydrogrammes identiques à ceux résultant de l'application des méthodes proposées par l'instruction technique.

Le programme de calcul proposé peut en outre considérer une pluie soit uniformément abattue sur le bassin versant, soit une pluie dont l'épicentre peut être déplacé.

La fonction de production "urbaine" sera appliquée sur les bassins dont le coefficient d'imperméabilisation est supérieur à 20%. Jusqu'à ce seuil cette méthode donne de bons résultats. En dessous de ce coefficient, il conviendra d'utiliser le modèle "rural" présenté ci-après.

♦ **Modèle rural**

Deux types de fonction de production peuvent être envisagés :

- la première méthode de calcul correspond à un modèle déterministe basé sur l'estimation du débit par la méthode rationnelle avec calcul préalable du temps de concentration, soit par la méthode de RICHARDS (BD RICHARDS CHAPMAN AND HALL), soit par la méthode SCS (Soil Conservation Service),
- la seconde méthode est un modèle dérivé de l'analyse des systèmes tel celui proposé pour les bassins urbains avec détermination préalable de la pluie efficace. Celle-ci est fonction de l'évolution de l'état de saturation du sol et donc de l'importance de l'infiltration calculée d'après une loi de type HOLTAN. Plusieurs tests seront entrepris de façon à adopter le modèle rural le mieux adapté.

Fonction de transfert

Compte tenu de la multiplicité des éléments intervenant dans le transfert des hydrogrammes de crues, cette partie du programme est présentée sous forme de modules.

♦ **Module d'organisation des calculs**

Il s'agit d'un fichier qui définit l'organisation des calculs du modèle hydraulique.

Ce fichier comprend tous les renseignements concernant la structure du réseau : tronçons codés, points singuliers codés, nature des sections, pentes, vitesses admissibles ...

Il est important de noter que là aussi et contrairement à d'autres modèles de ce type, l'adjonction de données supplémentaires (extension ou modification des réseaux), n'entraîne aucun bouleversement dans le codage de l'ensemble du réseau. Ceci permet une utilisation particulièrement adaptée pour tester facilement des cas concrets tels que ceux qui peuvent être rencontrés (interconnexion, déconnexion, extensions, dimensionnement, renforcement des réseaux).

♦ **Module propagation des hydrogrammes**

Compte tenu des possibilités d'acceptation du réseau et de la topographie du terrain, le programme propage et donne en chaque noeud les hydrogrammes, soit :

- . dans le réseau si celui-ci a une capacité de transit suffisante et compte tenu de ses possibilités de rétention et d'écrêtement éventuels imposés par les ouvrages intermédiaires.
- . dans le réseau et en écoulement superficiel si le réseau a une capacité de transit insuffisante.

En ce qui concerne la propagation proprement dite, nous avons le choix entre 5 méthodes de calcul.

La première méthode consiste à translater à une vitesse constante l'hydrogramme qui conserve sa forme.

Les autres méthodes de calcul sont basées sur la résolution simplifiée du système d'équation de **SAINT-VENANT**. Les modèles proposés sont : **MUSKINGUM linéaire, MUSKINGUM KUNGE, HAYAMI, onde cinématique**. Ces modèles tiennent compte partiellement et différemment de termes de l'équation dynamique.

Suivant le type de réseau (pente, section, rugosité) et le type d'hydrogramme à translater, on choisira la méthode donnant globalement des résultats compatibles avec la précision nécessaire.

♦ **Module diagnostic**

Pour chaque tronçon de réseau, ce module calcule les conditions de niveau et vitesses minimum et maximum atteintes dans les réseaux. En cas de mise en évidence de réseaux de capacité insuffisante, il donne d'une part la durée d'insuffisance ainsi que les volumes non admis dans le réseau et d'autre part, il définit à titre indicatif les caractéristiques dimensionnelles à donner à ces parties de réseau sans pour autant en tenir compte dans la suite des calculs.

♦ **Module dimensionnement**

Ce module intervient pour dimensionner soit les extensions de réseau soit les renforcements de réseau : changement de conduite, doublement des conduites et dans ce cas, le modèle tient compte de la conduite en place.

Prise en compte d'ouvrages spéciaux

♦ **Ouvrages d'assainissement classiques**

*Le modèle **SIREA** autorise la simulation de la plupart des ouvrages spéciaux rencontrés sur les réseaux d'assainissement pluviaux :*

- *bassins écrêteurs de crue,*
- *déversoirs d'orage,*
- *chambres de répartition,*
- *stations de relèvement.*

Un module de calcul spécifique à chaque type d'ouvrage procède à la transformation de l'hydrogramme d'entrée dans l'ouvrage.

Le programme autorise le dimensionnement de ces ouvrages et notamment les bassins écrêteurs pour lesquels sont fournis en sortie :

- *les hydrogrammes entrant et sortant,*
- *les limnigrammes dans le bassin (niveau d'eau),*
- *les superficies et les volumes en eau dans le bassin à chaque pas de temps de calcul.*

♦ **Ouvrages liés à la mise en oeuvre de techniques alternatives**

Le modèle permet de simuler les écoulements et le stockage dans la traversée des ouvrages à structure poreuse capacitive du type chaussée et parking réservoir.

Cas de la mise en charge

Le modèle SIREA ne résoud pas de façon fine les problèmes de mise en charge des conduites.

Dans le cas d'une insuffisance de certains tronçons du réseau, l'utilisateur a la possibilité de tester plusieurs solutions :

- *écrêtement de l'hydrogramme à la capacité de la conduite avec report des débits écrêtés dès que possible à la décrue,*
- *laminage de l'hydrogramme à la capacité de la conduite,*
- *passage en force de l'hydrogramme sans déformation,*
- *translation de la partie débordante de l'hydrogramme sur une chaussée définie par l'utilisateur.*

Prise en compte de plusieurs pluies

Il est possible de définir plusieurs pluies, de projet ou réelles, afin soit de simuler un événement réel, soit de prendre en compte un gradient pluviométrique avec l'altitude par exemple.

Annexe n°2 : Notice du logiciel hydraulique STREAM

LOGICIEL STREAM

Concepteur : BCEOM

Objet

*Simulation en **TR**ansitoire des **E**coulements **A** surface libre **M**ultidirectionnels .*

Plans d'eau, chaînes d'étangs soumis à des conditions aux limites multiples : niveaux ou débits imposés, relations cote-débit ...

Domaines d'application

Etudes des phénomènes hydrauliques complexes (échanges lit mineur-lit majeur, champs d'inondation hétérogènes, écoulements maillés, deltas ...), des processus de propagation des débits entre l'amont et l'aval d'un cours d'eau, entre des étangs et des chenaux.

La modélisation fine de ces phénomènes permet en particulier de réaliser la cartographie des risques d'inondation (Plan de Prévention des Risques Inondation), de définir des aménagements de protection contre les crues et de prendre en compte les impacts d'éventuels aménagements nouveaux (seuils, projets routiers, mise hors d'eau d'infrastructures).

Principes

Ce modèle est basé sur une représentation discrétisée des écoulements dans l'espace et dans le temps. L'unité de découpage dans l'espace, appelée "casier", est prise aussi petite que le nécessitent la bonne description des phénomènes réels et la précision souhaitée des résultats.

La construction du modèle a été réalisée de manière à permettre tout découpage de l'espace, quelle que soit la complexité qu'imposent à celui-ci la géographie ou le comportement hydraulique du système physique.

Les casiers sont ainsi délimités en fonction des axes structurant les flux (lits et chenaux, endiguements, déversoirs, ...) et des sections les plus représentatives des conditions d'écoulement (profils en travers, singularités, ...).

Ce découpage principal peut être suivi d'une partition supplémentaire des casiers ainsi définis, pour affiner encore la représentation discrétisée du système.

*C'est à la condition d'une telle modélisation fidèle du système physique que **les équations dites de SAINT-VENANT** peuvent valablement être utilisées pour en décrire le fonctionnement.*

STREAM résoud ces équations par un schéma implicite aux différences finies exprimant les termes différentiels sous forme discrétisée entre chaque pas de temps et d'espace.

Données

- **Structure et géométrie du système**

Nombre de casiers, disposition, lois hauteurs d'eau-surfaces au miroir des casiers, type et caractéristiques des liaisons entre casiers (lois de seuil, d'orifice ou profils en travers et coefficient de rugosité, STRICKLER).

- **Type des conditions aux limites**

Débit, cote ou loi débit-cote imposée.

- **Les conditions initiales du système**

- **Paramètres de simulation**

Paramètres du calcul, conditions aux limites amont, latérales, internes et aval, coefficient de rugosité et de perte de charge.

Sorties

- *Tableau des maximas issus de la simulation.*
- *Images instantanées de l'état du système (cotes-débits-vitesses),*
- *Evolution dans le temps des variables : cote-débit-vitesse aux casiers choisis.*
- *Cartes de la surface libre, des champs de vitesses d'écoulement, des champs de débit et des cotes d'eau au centre des casiers.*
- *Tracé des isobathes (courbes d'égales hauteurs d'eau) et des iso-vitesses.*
- *Calcul d'impact sur les hauteurs d'eau d'une hypothèse d'aménagement et reproduction sur une carte.*
- *Calcul de durées de submersion ou de dépassement de seuils, etc ...*

Equations

Exprimé dans un espace à deux dimensions x et y, le système d'équations différentielles de SAINT-VENANT comprend :

- **Une équation de continuité, exprimant la conservation des volumes d'eau :**

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \text{div} (h V) = q$$

soit :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (hV_x)}{\partial x} + \frac{\partial (hV_y)}{\partial y} = q$$

- Une équation dynamique vectorielle, exprimant la conservation de la quantité de mouvement :

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \nabla V \cdot V = -g(\text{grad } Z + J)$$

soit, en projections sur les axes x et y :

$$\frac{\partial V_x}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} = -g\left(\frac{\partial Z}{\partial x} + J_x\right)$$

$$\frac{\partial V_y}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_y}{\partial y} = -g\left(\frac{\partial Z}{\partial y} + J_y\right)$$

avec Z cote de la surface libre

V vecteur vitesse, de composantes V_x et V_y

J gradient de la charge hydraulique, de composantes J_x et J_y

q apport ou perte au m^2

x, y coordonnées dans le plan

h hauteur d'eau.

Annexe 3 : Notice du logiciel hydraulique INFOWORKS RS

INFOWORKS RS



Infoworks RS est un logiciel de simulation mathématique permettant de reproduire et d'analyser le fonctionnement des cours d'eau, canaux, rivières, champs d'inondations et estuaires.

Il permet de modéliser le flux et les niveaux d'eau dans une rivière, sur une longue durée ou à une petite échelle de temps.



LES objectifs

Infoworks RS permet de modéliser de manière fidèle des cours d'eau en régime permanent ou transitoire, de déterminer les caractéristiques hydrauliques en chaque nœud de calcul (*hauteur, vitesse, débit*).

LES domaines d'application

- Cartographie de l'aléa inondation,
- Plans de Prévention des Risques Inondation,
- Impact hydraulique d'aménagements en zone inondable.

LES atouts

Infoworks RS permet une visualisation dynamique des zones inondables.

Il est possible de :

- Utiliser un Modèle Numérique de Terrain,
- Visualiser les zones inondables de n'importe quel événement,
- Visualiser les hauteurs d'eau en chaque nœud de calcul,
- Extraire des hauteurs d'eau et des durées de submersion,
- Exporter / importer des données Arcview, Mapinfo ou Isis.

LES données d'entrée

- Données topographiques : modèle numérique de terrain (*importé ou créé*), profils en travers, ouvrages structurants, casiers d'inondation, ...
- Données hydrologiques : hydrogrammes de crue ou éléments hydrologiques et géographiques concernant les bassins versants (*si utilisation du modèle pluie-débit*).

LES données de sortie

- Représentation thématique des données et des résultats avec animation en vue en plan : représentation des zones inondables, profils en long et en travers du bief avec ses hauteurs d'eau, graphes de débit, hauteur, vitesse, ...
- Représentation sous forme tabulaire des résultats (*hauteur, vitesse, débit, ...*)

LES processus physiques pris en compte

- Pertes de charges linéaires et singulières,
- Régime transitoire,
- Régime permanent.

INFOWORKS

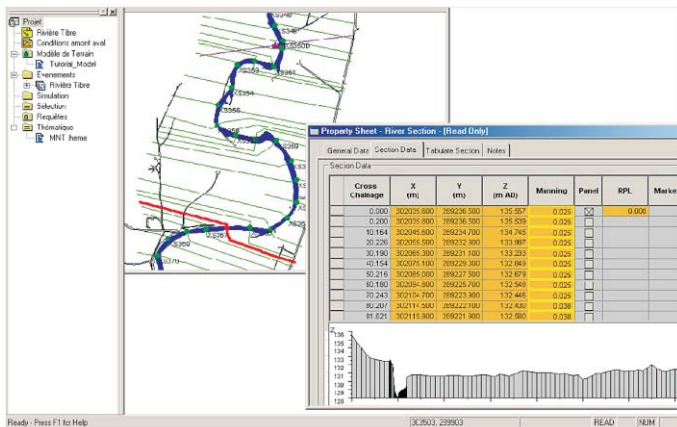
RS



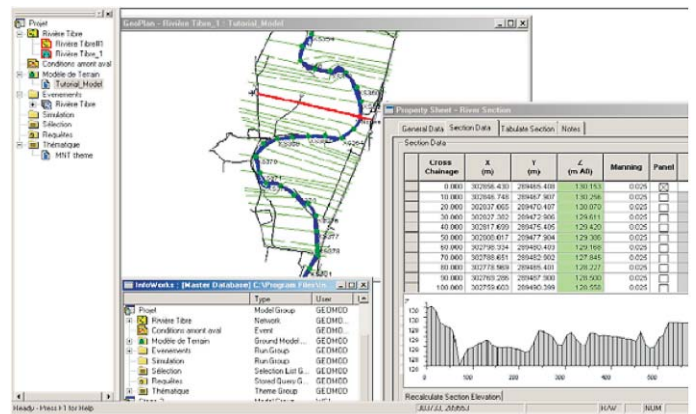
LES méthodes de calcul

- Utilise le moteur de calcul d'ISIS,
- Inclut le modèle pluie-débit PDM et des modèles de ruissellement (SCS, FSR, FEH).

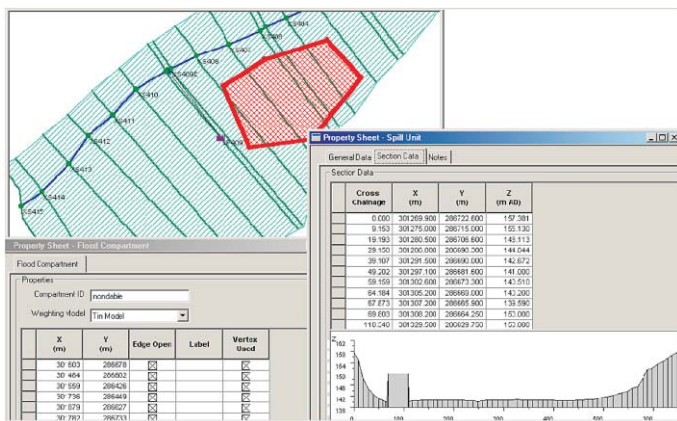
EXEMPLES de rendus graphiques



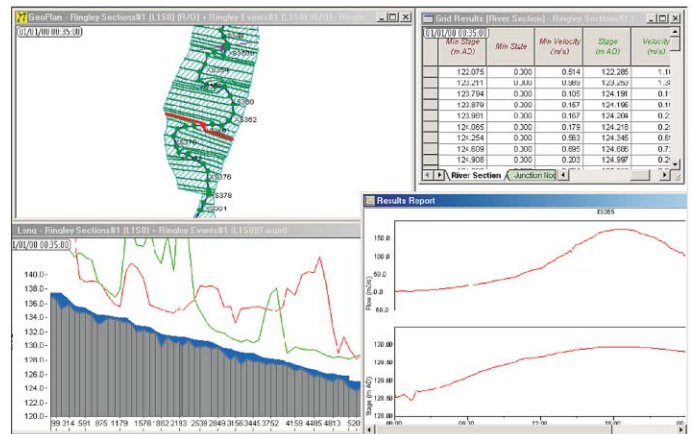
Environnement projet



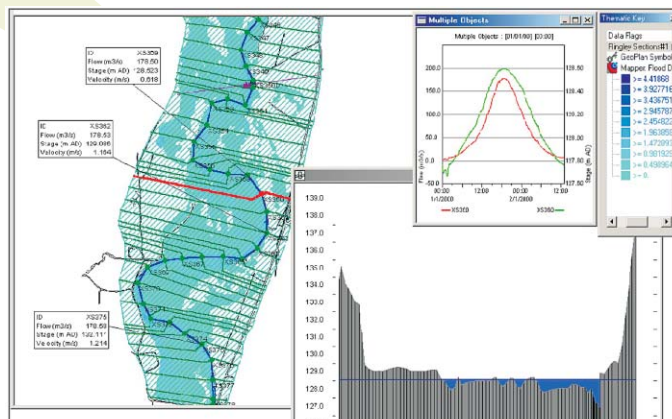
Tracé d'un profil à partir d'un MNT



Edition de seuils, Zone de stockage

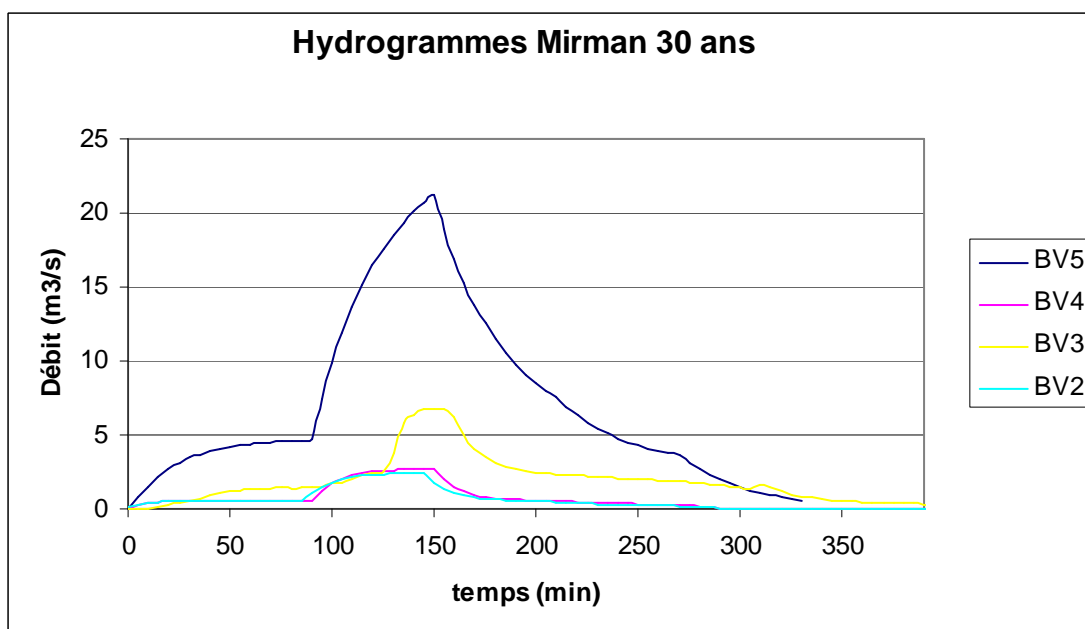
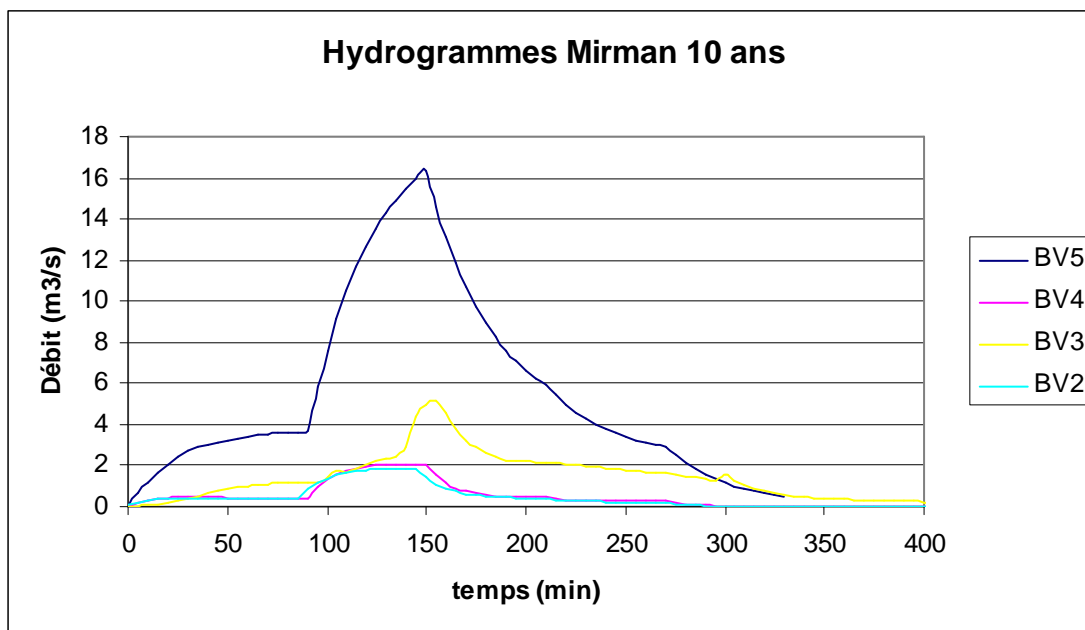


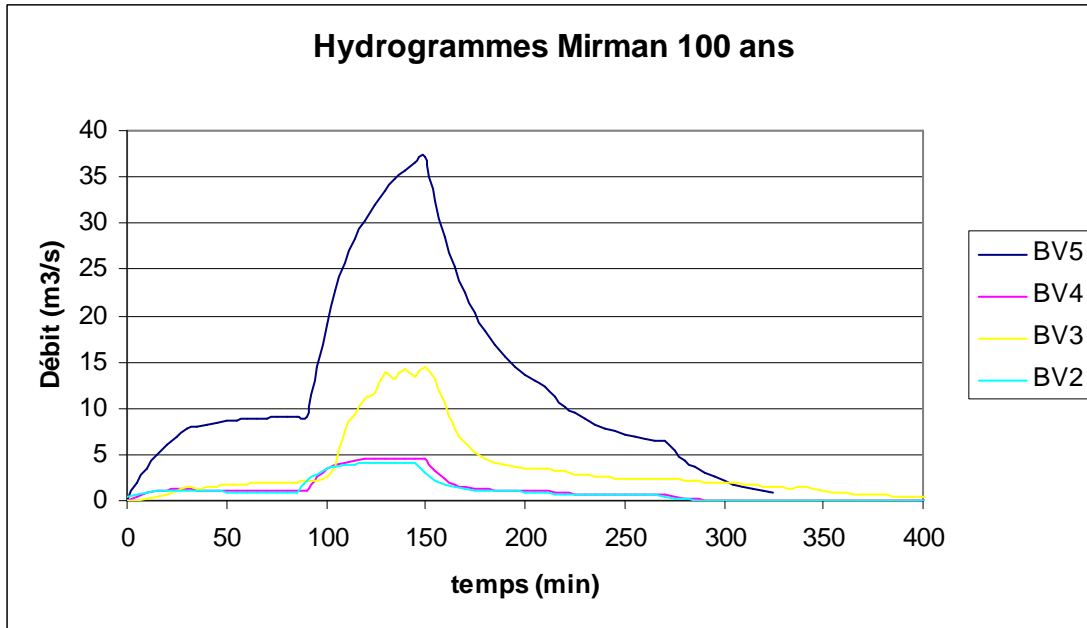
Résultats : grille, profil, graphes



Résultats: zones inondables, profil, graphes

Annexe 4 : résultats de la modélisation hydrologique





Tableaux résultats annexes 4-1 à 4-9

BV Mirmand

pluie septembre 2005

0*****

* * CARACTERISTIQUES BASSINS VERSANTS * CARACTERISTIQUES CONDUITES AVAL *

* SURF. *	* LONG. *	* PENTE *	* COEF. *	* LONG. *	* PENTE *	* TYPE *	* DIAM. *	* L *	* H *	* TALUS *	* K *	* CAPACITE *	* DEBIT *
* DIAM. *													
* POINT *	* ACTIVE *	(M)	* IMP *										* POINTE *
* NECESS. *													
	* ou TC *												
	(HA)	(MN)	(M/M)		(M)	(M/M)	(M)	(M)	(M)			(M3/S)	(M3/S)
(M)													

* BRANCHE1000
*

1*	250.00	4050.00	0.0100	0.45	212.0	0.0116	TRA	3.20	2.00	30/25	45.0	60.800	13.192
	167.61												
2*	26.00	1600.00	0.0310	0.48	180.0	0.0113	TRA	2.00	2.00	30/20	30.0	33.686	14.779
	186.20												
3*	1.59	290.00	0.0190	0.49	120.0	0.0100	TRA	2.00	2.00	30/20	30.0	31.689	14.879
	187.36												
70*													14.879
	187.36												

* BRANCHE1100
*

10*	55.80	1200.00	0.0280	0.45									3.179
	37.41												
11*	Bassin de retenue		volume maximum stocke :				6987.1 m3	hauteur maximale :		2.06 m			
15*													3.170
	37.29												

```

* 20* * 5.70 * 570.00 * 0.0280* 0.45* 118.0 * 0.0360* TRA* * 3.00* 2.00* 10/20 * 30.0* 47.657 * 3.497
* * 41.11
* 30* * * * * * * * * * * * * * * *
* * 41.11

```

* BRANCHE1200

```

* 1* * 1.06 * 167.00 * 0.0500* 0.50* * * * * * * * * *
* * 0.79
* 2* * Bassin de retenue volume maximum stocke : 175.4 m3 hauteur maximale : 0.89 m
*
* 30* * * * * * * * * * * * * * *
* * 0.77

```

* BRANCHE1300

```

* 30* * 0.00 * 0.00 * 0.0320* 0.00* 200.0 * 0.0320* TRA* * 3.00* 3.00* 10/20 * 30.0* 90.260 * 3.545
* * 41.89
* 40* * * * * * * * * * * * * * *
* * 41.89

```

* BRANCHE1400

```

* 1* * 8.40 * 600.00 * 0.0325* 0.50* * * * * * * * * *
* * 6.25
* 2* * Bassin de retenue volume maximum stocke : 3329.7 m3 hauteur maximale : 2.60 m
*
* 40* * * * * * * * * * * * * * *
* * 6.18

```

* BRANCHE1500

```

*
*****
*****
* 40* * 0.00 * 0.00 * 0.0150* 0.00* 91.0 * 0.0150* TRA* * 3.00* 3.00* 10/20 * 30.0* 61.796 * 4.055
* * 48.07
* 50* * * * * * * * * * * * * * * * * 4.055
* * 48.07

```

```

*****
*****
* BRANCHE1600
*

```

```

*****
*****
* 1* * 7.40 * 790.00 * 0.0280* 0.50* * * * * * * * * * * 0.472
* * 5.51
* 2* * Bassin de retenue volume maximum stocke : 2860.0 m3 hauteur maximale : 1.67 m
*
* 50* * * * * * * * * * * * * * * * * 0.224
* * 5.30

```

```

*****
*****
* BRANCHE1700
*

```

```

*****
*****
* 50* * 0.00 * 0.00 * 0.0150* 0.00* 250.0 * 0.0150* TRA* * 3.00* 3.00* 10/20 * 30.0* 61.796 * 4.264
* * 53.37
* 60* * * * * * * * * * * * * * * * * 4.264
* * 53.37

```

```

*****
*****
* BRANCHE1800
*

```

```

*****
*****
* 1* * 4.88 * 428.00 * 0.0140* 0.50* * * * * * * * * * * 0.311
* * 3.63
* 2* * Bassin de retenue volume maximum stocke : 1200.8 m3 hauteur maximale : 1.49 m
*
* 60* * * * * * * * * * * * * * * * * 0.200
* * 3.46

```


 * BRANCHE1900
 *

 * 60* * 0.00 * 0.00 * 0.0150* 0.00* 1.0 * 0.0150* TRA* * 3.00* 3.00* 10/20 * 30.0* 61.796 * 4.458
 * * 56.83
 * 70* * * * * * * * * * * * * * * * * 4.458
 * * 56.83

 * BRANCHE2000
 *

 * 70* * 0.00 * 0.00 * 0.0080* 0.00* 300.0 * 0.0080* TRA* * 2.80* 2.00* 25/20 * 30.0* 31.253 * 19.324
 * * 244.19
 * 4* * 24.00 *1120.00 * 0.0200* 0.47* 270.0 * 0.0100* TRA* * 5.00* 2.70* 30/27 * 30.0* 90.569 * 20.598
 * * 260.99
 * 5* * 16.20 * 739.00 * 0.0092* 0.50* 45.0 * 0.0100* TRA* * 3.50* 2.50* 30/25 * 30.0* 62.072 * 21.499
 * * 273.05
 * 6* * 0.90 * 147.00 * 0.0029* 0.50* 83.0 * 0.0125* TRA* * 4.50* 1.50* 18/15 * 30.0* 32.300 * 21.548
 * * 273.72
 * 7* * 0.90 * 150.00 * 0.0028* 0.50* 147.0 * 0.0107* TRA* * 3.00* 1.50* 22/15 * 30.0* 23.176 * 21.598
 * * 274.38
 * 8* * 3.50 * 280.00 * 0.0069* 0.55* 60.0 * 0.0230* TRA* * 3.20* 1.40* 20/14 * 30.0* 30.891 * 21.810
 * * 277.24
 * 9* * 1.40 * 194.00 * 0.0061* 0.57* 480.0 * 0.0042* TRA* * 4.00* 1.50* 20/15 * 30.0* 17.498 * 21.895
 H= 1.69 278.43
 * 10* * 9.20 * 574.00 * 0.0052* 0.50* 20.0 * 0.0040* TRA* * 4.00* 1.50* 20/15 * 30.0* 17.076 * 22.350
 H= 1.73 285.28
 * 11* * 2.60 * 228.00 * 0.0670* 0.47* * * * * * * * * * 22.451
 * * 287.10


```

-----
* NBRE DE BASSINS * SURF. TOT. * SURF. IMP. * volume total
* TOTAL 17 * 419.53 * 193.13 * 287 100
-----
  
```

BV Mirmand

pluie d=6h di=1h T=10ans

0*****

* * CARACTERISTIQUES BASSINS VERSANTS * CARACTERISTIQUES CONDUITES AVAL *

* SURF. *	* LONG. *	* PENTE *	* COEF. *	* LONG. *	* PENTE *	* TYPE *	* DIAM. *	* L *	* H *	* TALUS *	* K *	* CAPACITE *	* DEBIT *
* DIAM. *													
* POINT *	* ACTIVE *	(M)	* IMP *										* POINTE *
* NECESS. *													
	* ou TC *												
	(HA)	(MN)	(M/M)		(M)	(M/M)	(M)	(M)	(M)			(M3/S)	(M3/S)
(M)													

* BRANCHE1000
*

1*	250.00	4050.00	0.0100	0.45	212.0	0.0116	TRA	3.20	2.00	30/25	45.0	60.800	16.360
	112.21												
2*	26.00	1600.00	0.0310	0.48	180.0	0.0113	TRA	2.00	2.00	30/20	30.0	33.686	18.441
	124.66												
3*	1.59	290.00	0.0190	0.49	120.0	0.0100	TRA	2.00	2.00	30/20	30.0	31.689	18.518
	125.44												
70*													18.518
	125.44												

* BRANCHE1100
*

10*	55.80	1200.00	0.0280	0.45									4.157
	25.04												
11*	Bassin de retenue				volume maximum stocke :		7174.6 m3	hauteur maximale :		2.14 m			
15*													4.130
	24.92												

tab

03/08/2009

```

* 20* * 5.70 * 570.00 * 0.0280* 0.45* 118.0 * 0.0360* TRA* * 3.00* 2.00* 10/20 * 30.0* 47.657 * 4.560
* * 27.48
* 30* * * * * * * * * * * * * * * * * *
* * 27.48

```

```

*****
*****
* BRANCHE1200
*

```

```

*****
*****
* 1* * 1.06 * 167.00 * 0.0500* 0.50* * * * * * * * * * * * * * * * * 0.089
* * 0.53
* 2* * Bassin de retenue volume maximum stocke : 194.6 m3 hauteur maximale : 0.96 m
*
* 30* * * * * * * * * * * * * * * * * *
* * 0.52

```

```

*****
*****
* BRANCHE1300
*

```

```

*****
*****
* 30* * 0.00 * 0.00 * 0.0320* 0.00* 200.0 * 0.0320* TRA* * 3.00* 3.00* 10/20 * 30.0* 90.260 * 4.609
* * 28.00
* 40* * * * * * * * * * * * * * * * * *
* * 28.00

```

```

*****
*****
* BRANCHE1400
*

```

```

*****
*****
* 1* * 8.40 * 600.00 * 0.0325* 0.50* * * * * * * * * * * * * * * * * 0.704
* * 4.19
* 2* * Bassin de retenue volume maximum stocke : 2837.6 m3 hauteur maximale : 2.32 m
*
* 40* * * * * * * * * * * * * * * * * *
* * 4.12

```

```

*****
*****
* BRANCHE1500

```

```

*
*****
*****
* 40* * 0.00 * 0.00 * 0.0150* 0.00* 91.0 * 0.0150* TRA* * 3.00* 3.00* 10/20 * 30.0* 61.796 * 4.730
* * 32.12
* 50* * * * * * * * * * * * * * * *
* * 32.12

```

```

*****
*****
* BRANCHE1600
*

```

```

*****
*****
* 1* * 7.40 * 790.00 * 0.0280* 0.50* * * * * * * * * * * * * * * *
* * 3.69
* 2* * Bassin de retenue volume maximum stocke : 2121.6 m3 hauteur maximale : 1.31 m
* * * * * * * * * * * * * * * *
* 50* * * * * * * * * * * * * * * *
* * 3.48

```

```

*****
*****
* BRANCHE1700
*

```

```

*****
*****
* 50* * 0.00 * 0.00 * 0.0150* 0.00* 250.0 * 0.0150* TRA* * 3.00* 3.00* 10/20 * 30.0* 61.796 * 4.921
* * 35.61
* 60* * * * * * * * * * * * * * * *
* * 35.61

```

```

*****
*****
* BRANCHE1800
*

```

```

*****
*****
* 1* * 4.88 * 428.00 * 0.0140* 0.50* * * * * * * * * * * * * * * *
* * 2.43
* 2* * Bassin de retenue volume maximum stocke : 1133.0 m3 hauteur maximale : 1.43 m
* * * * * * * * * * * * * * * *
* 60* * * * * * * * * * * * * * * *
* * 2.26

```


 * BRANCHE1900
 *

 * 60* * 0.00 * 0.00 * 0.0150* 0.00* 1.0 * 0.0150* TRA* * 3.00* 3.00* 10/20 * 30.0* 61.796 * 5.113
 * * 37.87
 * 70* * * * * * * * * * * * * * * * * 5.113
 * * 37.87

 * BRANCHE2000
 *

 * 70* * 0.00 * 0.00 * 0.0080* 0.00* 300.0 * 0.0080* TRA* * 2.80* 2.00* 25/20 * 30.0* 31.253 * 23.631
 * * 163.31
 * 4* * 24.00 *1120.00 * 0.0200* 0.47* 270.0 * 0.0100* TRA* * 5.00* 2.70* 30/27 * 30.0* 90.569 * 25.050
 * * 174.56
 * 5* * 16.20 * 739.00 * 0.0092* 0.50* 45.0 * 0.0100* TRA* * 3.50* 2.50* 30/25 * 30.0* 62.072 * 26.062
 * * 182.64
 * 6* * 0.90 * 147.00 * 0.0029* 0.50* 83.0 * 0.0125* TRA* * 4.50* 1.50* 18/15 * 30.0* 32.300 * 26.115
 * * 183.09
 * 7* * 0.90 * 150.00 * 0.0028* 0.50* 147.0 * 0.0107* TRA* * 3.00* 1.50* 22/15 * 30.0* 23.176 * 26.169
 H= 1.60 183.53
 * 8* * 3.50 * 280.00 * 0.0069* 0.55* 60.0 * 0.0230* TRA* * 3.20* 1.40* 20/14 * 30.0* 30.891 * 26.393
 * * 185.45
 * 9* * 1.40 * 194.00 * 0.0061* 0.57* 480.0 * 0.0042* TRA* * 4.00* 1.50* 20/15 * 30.0* 17.498 * 26.480
 H= 1.87 186.25
 * 10* * 9.20 * 574.00 * 0.0052* 0.50* 20.0 * 0.0040* TRA* * 4.00* 1.50* 20/15 * 30.0* 17.076 * 26.876
 H= 1.91 190.84
 * 11* * 2.60 * 228.00 * 0.0670* 0.47* * * * * * * * * * * 26.924
 * * 192.06

* NBRE DE BASSINS	* SURF. TOT.	* SURF. IMP.	* volume total		
* TOTAL	17	* 419.53	* 193.13	* 192 060	

BV Mirmand

pluie d=6h di=1h T=30ans

0*****

* * CARACTERISTIQUES BASSINS VERSANTS * CARACTERISTIQUES CONDUITES AVAL *

* SURF. *	* LONG. *	* PENTE *	* COEF. *	* LONG. *	* PENTE *	* TYPE *	* DIAM. *	* L *	* H *	* TALUS *	* K *	* CAPACITE *	* DEBIT *
* DIAM. *													
* POINT *	* ACTIVE *	(M) *	* IMP *										* POINTE *
* NECESS. *		* ou TC *											
	(HA) *	(MN) *	(M/M) *	(M) *	(M/M) *	(M) *	(M) *	(M) *	(M) *			(M3/S) *	(M3/S) *
(M) *													

* BRANCHE1000
*

1*	250.00	4050.00	0.0100	0.45	212.0	0.0116	TRA	3.20	2.00	30/25	45.0	60.800	21.212
	144.24												
2*	26.00	1600.00	0.0310	0.48	180.0	0.0113	TRA	2.00	2.00	30/20	30.0	33.686	23.899
	160.24												
3*	1.59	290.00	0.0190	0.49	120.0	0.0100	TRA	2.00	2.00	30/20	30.0	31.689	24.068
	161.24												
70*													24.068
	161.24												

* BRANCHE1100
*

10*	55.80	1200.00	0.0280	0.45									5.370
	32.19												
11*	Bassin de retenue				volume maximum stocke :		7380.4 m3	hauteur maximale :		2.22 m			
15*													5.355
	32.07												


```

*
*****
*****
* 40* * 0.00 * 0.00 * 0.0150* 0.00* 91.0 * 0.0150* TRA* * 3.00* 3.00* 10/20 * 30.0* 61.796 * 6.117
* * 41.32
* 50* * * * * * * * * * * * * * * * * 6.117
* * 41.32

```

```

*****
*****
* BRANCHE1600
*

```

```

*****
*****
* 1* * 7.40 * 790.00 * 0.0280* 0.50* * * * * * * * * * * 0.800
* * 4.74
* 2* * Bassin de retenue volume maximum stocke : 2816.3 m3 hauteur maximale : 1.65 m
* * * * * * * * * * * * * * * * *
* 50* * * * * * * * * * * * * * * * * 0.223
* * 4.52

```

```

*****
*****
* BRANCHE1700
*

```

```

*****
*****
* 50* * 0.00 * 0.00 * 0.0150* 0.00* 250.0 * 0.0150* TRA* * 3.00* 3.00* 10/20 * 30.0* 61.796 * 6.335
* * 45.85
* 60* * * * * * * * * * * * * * * * * 6.335
* * 45.85

```

```

*****
*****
* BRANCHE1800
*

```

```

*****
*****
* 1* * 4.88 * 428.00 * 0.0140* 0.50* * * * * * * * * * * 0.528
* * 3.13
* 2* * Bassin de retenue volume maximum stocke : 1300.4 m3 hauteur maximale : 1.58 m
* * * * * * * * * * * * * * * * *
* 60* * * * * * * * * * * * * * * * * 0.616
* * 3.01

```


 * BRANCHE1900
 *

 * 60* * 0.00 * 0.00 * 0.0150* 0.00* 1.0 * 0.0150* TRA* * 3.00* 3.00* 10/20 * 30.0* 61.796 * 6.821
 * * 48.86
 * 70* * * * * * * * * * * * * * * * * 6.821
 * * 48.86

 * BRANCHE2000
 *

 * 70* * 0.00 * 0.00 * 0.0080* 0.00* 300.0 * 0.0080* TRA* * 2.80* 2.00* 25/20 * 30.0* 31.253 * 30.786
 * * 210.10
 * 4* * 24.00 *1120.00 * 0.0200* 0.47* 270.0 * 0.0100* TRA* * 5.00* 2.70* 30/27 * 30.0* 90.569 * 32.752
 * * 224.56
 * 5* * 16.20 * 739.00 * 0.0092* 0.50* 45.0 * 0.0100* TRA* * 3.50* 2.50* 30/25 * 30.0* 62.072 * 34.481
 * * 234.95
 * 6* * 0.90 * 147.00 * 0.0029* 0.50* 83.0 * 0.0125* TRA* * 4.50* 1.50* 18/15 * 30.0* 32.300 * 34.549
 H= 1.56 235.52
 * 7* * 0.90 * 150.00 * 0.0028* 0.50* 147.0 * 0.0107* TRA* * 3.00* 1.50* 22/15 * 30.0* 23.176 * 34.617
 H= 1.84 236.10
 * 8* * 3.50 * 280.00 * 0.0069* 0.55* 60.0 * 0.0230* TRA* * 3.20* 1.40* 20/14 * 30.0* 30.891 * 34.905
 H= 1.49 238.57
 * 9* * 1.40 * 194.00 * 0.0061* 0.57* 480.0 * 0.0042* TRA* * 4.00* 1.50* 20/15 * 30.0* 17.498 * 35.016
 H= 2.16 239.59
 * 10* * 9.20 * 574.00 * 0.0052* 0.50* 20.0 * 0.0040* TRA* * 4.00* 1.50* 20/15 * 30.0* 17.076 * 35.632
 H= 2.21 245.49
 * 11* * 2.60 * 228.00 * 0.0670* 0.47* * * * * * * * * * * 35.710
 * * 247.05

-----					volume total
* NBRE DE BASSINS	* SURF. TOT.	* SURF. IMP.			
* TOTAL	17	* 419.53	* 193.13	*	247 050

BV Mirmand

pluie d=6h di=1h T=100ans

0*****

* * CARACTERISTIQUES BASSINS VERSANTS * CARACTERISTIQUES CONDUITES AVAL *

DIAM.	* SURF.	* LONG.	* PENTE	* COEF.	* LONG.	* PENTE	* TYPE	* DIAM.	* L	* H	* TALUS	* K	* CAPACITE	* DEBIT
* POINT*	ACTIVE	* (M)	*	* IMP	*	*	*	*	*	*	*	*	*	* POINTE
* NECESS.*		* ou TC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
(M)	(HA)	(MN)	(M/M)		(M)	(M/M)		(M)	(M)	(M)			(M3/S)	(M3/S)

* BRANCHE1000
*

* 1*	250.00	*4050.00	* 0.0100*	0.60*	212.0	* 0.0116*	TRA*		* 3.20*	2.00*	30/25	* 45.0*	60.800	* 37.249 *
* 254.27														
* 2*	26.00	*1600.00	* 0.0310*	0.66*	180.0	* 0.0113*	TRA*		* 2.00*	2.00*	30/20	* 30.0*	33.686	* 41.885 *H=
2.21*	283.36													
* 3*	1.59	* 290.00	* 0.0190*	0.67*	120.0	* 0.0100*	TRA*		* 2.00*	2.00*	30/20	* 30.0*	31.689	* 42.038 *H=
2.28*	285.16													
* 70*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	* 42.038 *
* 285.16														

* BRANCHE1100
*

* 10*	55.80	*1200.00	* 0.0280*	0.60*		*	*	*	*	*	*	*	*	* 9.016 *
* 56.75														
* 11*	Bassin de retenue		volume maximum stocke :			7892.3 m3		hauteur maximale :		2.43 m				
* 15*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	* 9.006 *
* 56.49														


```

*
*****
*****
* 40* 0.00 * 0.00 * 0.0150* 0.00* 91.0 * 0.0150* TRA* * 3.00* 3.00* 10/20 * 30.0* 61.796 * 11.723 *
* 73.40
* 50* * * * * * * * * * * * * * * * * 11.723 *
* 73.40

```

```

*****
*****
* BRANCHE1600
*

```

```

*****
*****
* 1* 7.40 * 790.00 * 0.0280* 0.70* * * * * * * * * * * * * * * * * 1.401 *
* 8.78
* 2* Bassin de retenue volume maximum stocke : 3459.8 m3 hauteur maximale : 1.91 m
*
* 50* * * * * * * * * * * * * * * * * 1.401 *
* 8.51

```

```

*****
*****
* BRANCHE1700
*

```

```

*****
*****
* 50* 0.00 * 0.00 * 0.0150* 0.00* 250.0 * 0.0150* TRA* * 3.00* 3.00* 10/20 * 30.0* 61.796 * 13.096 *
* 81.90
* 60* * * * * * * * * * * * * * * * * 13.096 *
* 81.90

```

```

*****
*****
* BRANCHE1800
*

```

```

*****
*****
* 1* 4.88 * 428.00 * 0.0140* 0.70* * * * * * * * * * * * * * * * * 0.924 *
* 5.79
* 2* Bassin de retenue volume maximum stocke : 1322.4 m3 hauteur maximale : 1.60 m
*
* 60* * * * * * * * * * * * * * * * * 1.391 *
* 5.51

```

```

*****
*****
*   BRANCHE1900
*

```

```

*****
*****
*   60*   0.00 *   0.00 * 0.0150* 0.00*   1.0 * 0.0150* TRA*   * 3.00* 3.00*   10/20   * 30.0* 61.796 * 14.488 *
*   87.41
*   70*           *           *           *           *           *           *           *           *
*   87.41

```

```

*****
*****
*   BRANCHE2000
*

```

```

*****
*****
*   70*   0.00 *   0.00 * 0.0080* 0.00* 300.0 * 0.0080* TRA*   * 2.80* 2.00*   25/20   * 30.0* 31.253 * 55.136
*H= 2.65* 372.57
*   4*  24.00 *1120.00 * 0.0200* 0.64* 270.0 * 0.0100* TRA*   * 5.00* 2.70*   30/27   * 30.0* 90.569 * 59.280 *
* 398.61
*   5*  16.20 * 739.00 * 0.0092* 0.70*  45.0 * 0.0100* TRA*   * 3.50* 2.50*   30/25   * 30.0* 62.072 * 62.334
*H= 2.51* 417.83
*   6*   0.90 * 147.00 * 0.0029* 0.70*  83.0 * 0.0125* TRA*   * 4.50* 1.50*   18/15   * 30.0* 32.300 * 62.242
*H= 2.14* 418.90
*   7*   0.90 * 150.00 * 0.0028* 0.70* 147.0 * 0.0107* TRA*   * 3.00* 1.50*   22/15   * 30.0* 23.176 * 62.413
*H= 2.45* 419.97
*   8*   3.50 * 280.00 * 0.0069* 0.73*  60.0 * 0.0230* TRA*   * 3.20* 1.40*   20/14   * 30.0* 30.891 * 62.860
*H= 2.02* 424.30
*   9*   1.40 * 194.00 * 0.0061* 0.74* 480.0 * 0.0042* TRA*   * 4.00* 1.50*   20/15   * 30.0* 17.498 * 63.028
*H= 2.91* 426.06
*  10*   9.20 * 574.00 * 0.0052* 0.70*  20.0 * 0.0040* TRA*   * 4.00* 1.50*   20/15   * 30.0* 17.076 * 64.024
*H= 2.97* 436.97
*  11*   2.60 * 228.00 * 0.0670* 0.63*           *           *           *           *           *
* 439.75

```

```

*****
*****

```

```

-----
* NBRE DE BASSINS * SURF. TOT. * SURF. IMP. * volume total
*   TOTAL      17 *   419.53 *   259.97 *   439 750
-----

```

BV Barnier

pluie septembre 2005

0*****

* * CARACTERISTIQUES BASSINS VERSANTS * CARACTERISTIQUES CONDUITES AVAL *

DIAM.	* SURF.	* LONG.	* PENTE	* COEF.	* LONG.	* PENTE	* TYPE	* DIAM.	* L	* H	* TALUS	* K	* CAPACITE	* DEBIT
* POINT*	ACTIVE	(M)		* IMP			*	*	*	*	*	*		* POINTE
* NECESS.*														
	* ou TC						*	*	*	*	*	*		*
	(HA)	(MN)	(M/M)		(M)	(M/M)		(M)	(M)	(M)			(M3/S)	(M3/S)

* BRANCHE 1
*

* 1*	95.00	*1600.00	* 0.0310*	0.45*			*	*	*	*	*	*		* 5.388 *
* 63.62														


```

-----
* NBRE DE BASSINS * SURF. TOT. * SURF. IMP. * volume total
* TOTAL 1 * 95.00 * 42.75 * 63 620
-----

```

pluie d=6h di=30mn T=10ans

0*****

* * CARACTERISTIQUES BASSINS VERSANTS * CARACTERISTIQUES CONDUITES AVAL *

* SURF.	* LONG.	* PENTE	* COEF.	* LONG.	* PENTE	* TYPE	* DIAM.	* L	* H	* TALUS	* K	* CAPACITE	* DEBIT
---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	-----	-----	---------	-----	------------	---------

tab

03/08/2009

```

*      1* 95.00 *1600.00 * 0.0310* 0.45*          *      *      *      *      *      *      *      *      *
*      56.39

```

```

*****
*****

```

```

-----
* NBRE DE BASSINS * SURF. TOT. * SURF. IMP. *      volume total
*      TOTAL      1 *      95.00 *      42.75 *      56 390
-----

```

pluie d=6h di=30mn T=100ans

```

0*****
*****

```

```

*      * CARACTERISTIQUES BASSINS VERSANTS *      CARACTERISTIQUES CONDUITES AVAL      *
*

```

```

*****
*****

```

```

*      * SURF. * LONG. * PENTE *COEF.* LONG. * PENTE *TYPE*DIAM.* L * H * TALUS * K *CAPACITE* DEBIT *
DIAM. *
*POINT* ACTIVE * (M) *      * IMP *      *      *      *      *      *      *      *      *      *
*NECESS.*
*      *      * ou TC *      *      *      *      *      *      *      *      *      *      *
*
*      * (HA) * (MN) * (M/M) *      * (M) * (M/M) *      * (M) * (M) * (M) *      *      * (M3/S) * (M3/S) *
(M) *

```

```

*****
*****

```

```

*      BRANCHE      1
*

```

```

*****
*****

```

```

*      1* 95.00 *1600.00 * 0.0310* 0.60*          *      *      *      *      *      *      *      *      *
*      74.82

```

```

*****
*****

```

```

-----
* NBRE DE BASSINS * SURF. TOT. * SURF. IMP. *      volume total

```

tab

03/08/2009

*	TOTAL	1	*	95.00	*	42.75	*	99 760
<hr/>								

tab

03/08/2009

```
-----  
* NBRE DE BASSINS * SURF. TOT. * SURF. IMP. *  
*   TOTAL      14 *   756.80 *   350.81 *  
-----
```


* 122.08

* BRANCHE 4
*

* 4* 58.00 *3650.00 * 0.0220* 0.45* * * * * * * * * * * 5.867 *
* 26.81

* BRANCHE 5
*

* 5* 2.00 * 185.00 * 0.0168* 0.80* * * * * * * * * * * 0.432 *
* 1.64

* BRANCHE 6
*

* 1* 19.10 * 640.00 * 0.0150* 0.47* 953.0 * 0.0030* TRA* * 3.00* 3.40* 10/30 * 70.0* 66.856 * 2.218 *
* 9.22
* 6* 26.30 *1250.00 * 0.0064* 0.70* * * * * * * * * * * 6.131 *
* 28.13

* BRANCHE 7
*

* 7* 20.80 *1500.00 * 0.0070* 0.51* * * * * * * * * * * 2.371 *
* 10.89

* BRANCHE 8
*

```

*****
*****
*      8*   3.80 * 368.00 * 0.0020* 0.50*           *   *   *   *   *   *           *   *           * 0.432 *
*      1.95
*****
*****
*      BRANCHE   9
*
*****
*****
*      9*   1.80 * 219.00 * 0.0105* 0.50*           *   *   *   *   *   *           *   *           * 0.238 *
*      0.92
*****
*****
*      BRANCHE  10
*
*****
*****
*     10*   2.60 * 406.00 * 0.0060* 0.50*           *   *   *   *   *   *           *   *           * 0.330 *
*     1.34
*****
*****
*      BRANCHE  11
*
*****
*****
*     11*   8.40 * 651.00 * 0.0045* 0.55*           *   *   *   *   *   *           *   *           * 1.090 *
*     4.74
*****
*****
*      BRANCHE  12
*
*****
*****
*     12*   2.00 * 241.00 * 0.0043* 0.50*           *   *   *   *   *   *           *   *           * 0.254 *
*     1.03
*****
*****

```

* NBRE DE BASSINS *	* SURF. TOT. *	* SURF. IMP. *	
* TOTAL	14 *	756.80 *	350.81 *

```

*      3* 191.00 *3800.00 * 0.0530* 0.45*          *      *      *      *      *      *      *      *      *
* 156.88

```

```

*****
*****

```

```

*      BRANCHE      4
*

```

```

*****
*****

```

```

*      4*  58.00 *3650.00 * 0.0220* 0.45*          *      *      *      *      *      *      *      *      *
* 34.46

```

```

*****
*****

```

```

*      BRANCHE      5
*

```

```

*****
*****

```

```

*      5*   2.00 * 185.00 * 0.0168* 0.80*          *      *      *      *      *      *      *      *      *
* 2.11

```

```

*****
*****

```

```

*      BRANCHE      6
*

```

```

*****
*****

```

```

*      1* 19.10 * 640.00 * 0.0150* 0.47* 953.0 * 0.0030* TRA*          * 3.00* 3.40* 10/30 * 70.0* 66.856 * 2.877 *
* 11.85
*      6* 26.30 *1250.00 * 0.0064* 0.70*          *      *      *      *      *      *      *      *      *
* 36.16

```

```

*****
*****

```

```

*      BRANCHE      7
*

```

```

*****
*****

```

```

*      7* 20.80 *1500.00 * 0.0070* 0.51*          *      *      *      *      *      *      *      *      *
* 14.00

```

```

*****
*****

```

```

*      BRANCHE      8

```


tab

03/08/2009

```
-----  
* NBRE DE BASSINS * SURF. TOT. * SURF. IMP. *  
*   TOTAL      14 *   756.80 *   350.81 *  
-----
```



```

*      3*191.00 *3800.00 * 0.0530* 0.60*      *      *      *      *      *      *      *      *      *
* 277.46

```

```

*****
*****

```

```

*      BRANCHE      4
*

```

```

*****
*****

```

```

*      4* 58.00 *3650.00 * 0.0220* 0.60*      *      *      *      *      *      *      *      *      *
* 60.95

```

```

*****
*****

```

```

*      BRANCHE      5
*

```

```

*****
*****

```

```

*      5* 2.00 * 185.00 * 0.0168* 0.90*      *      *      *      *      *      *      *      *      *
* 3.15

```

```

*****
*****

```

```

*      BRANCHE      6
*

```

```

*****
*****

```

```

*      1* 19.10 * 640.00 * 0.0150* 0.64* 953.0 * 0.0030* TRA*      * 3.00* 3.40* 10/30 * 70.0* 66.856 * 4.975 *
* 21.41
*      6* 26.30 *1250.00 * 0.0064* 0.80*      *      *      *      *      *      *      *      *      *
* 58.26

```

```

*****
*****

```

```

*      BRANCHE      7
*

```

```

*****
*****

```

```

*      7* 20.80 *1500.00 * 0.0070* 0.70*      *      *      *      *      *      *      *      *      *
* 25.50

```

```

*****
*****

```

```

*      BRANCHE      8

```

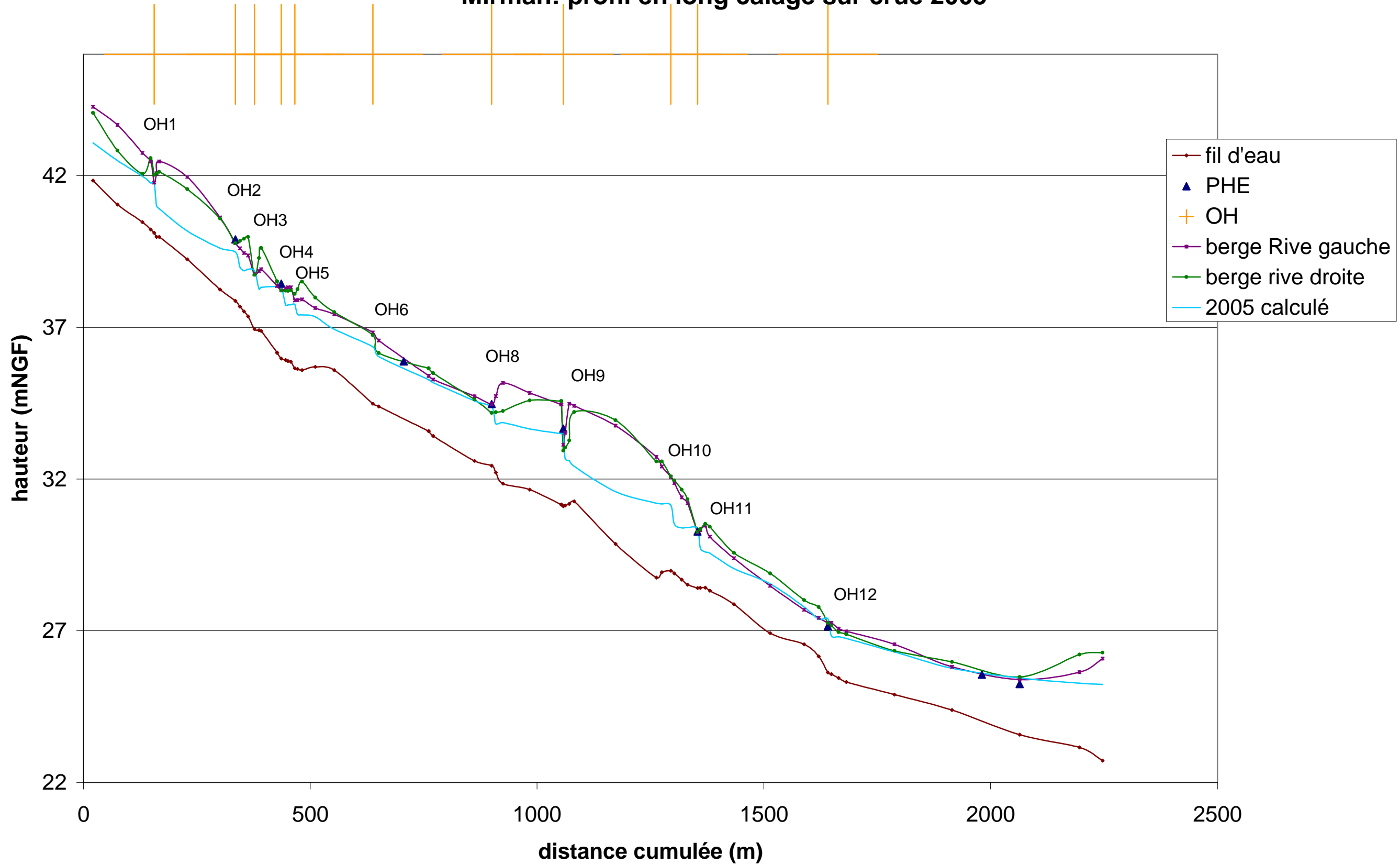

tab

03/08/2009

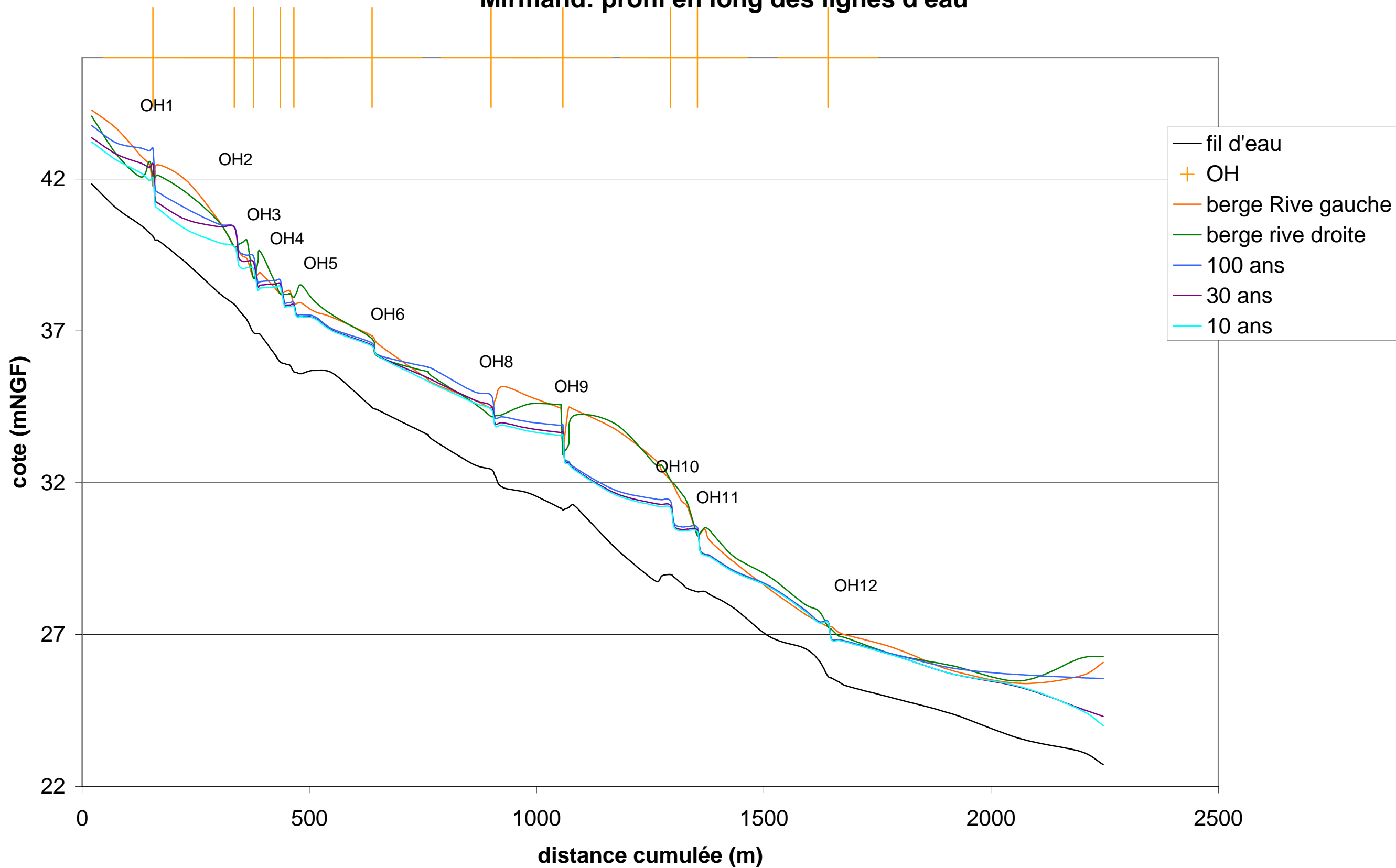
```
-----  
* NBRE DE BASSINS * SURF. TOT. * SURF. IMP. *  
*   TOTAL      14 *   756.80 *   464.81 *  
-----
```

Annexe 5 : résultats de la modélisation hydraulique du Mirman

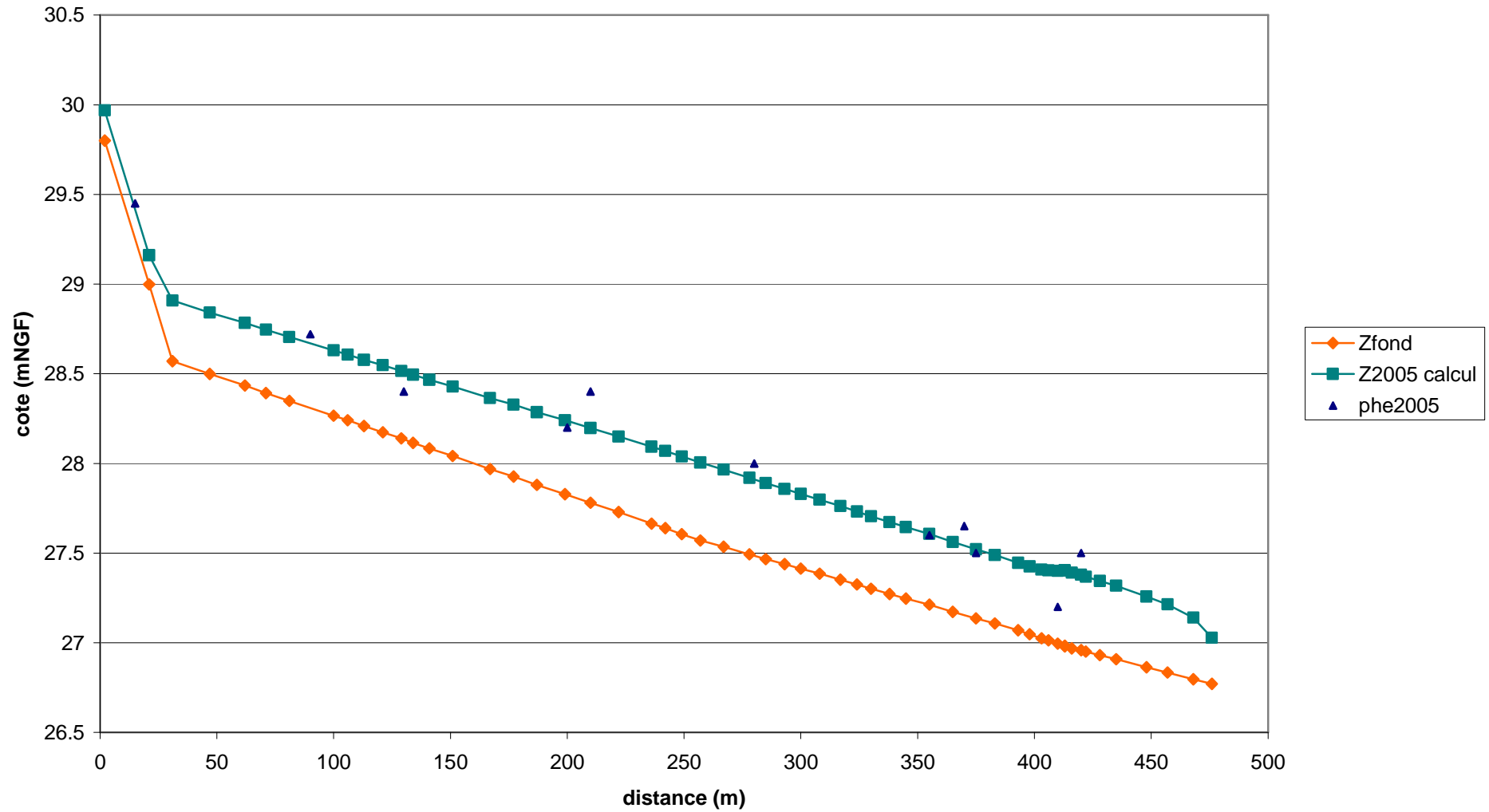
Mirman: profil en long calage sur crue 2005



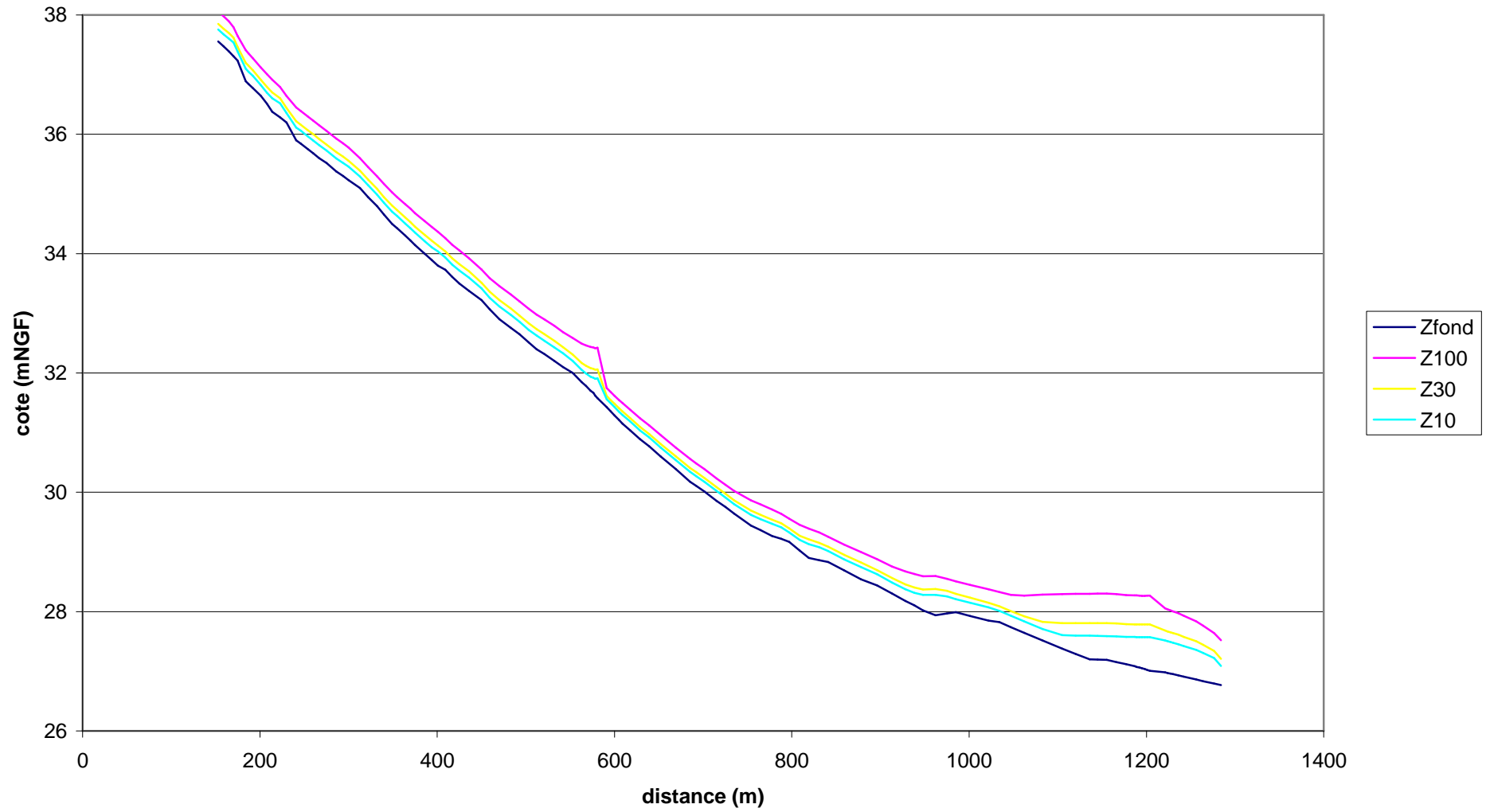
Mirmand: profil en long des lignes d'eau



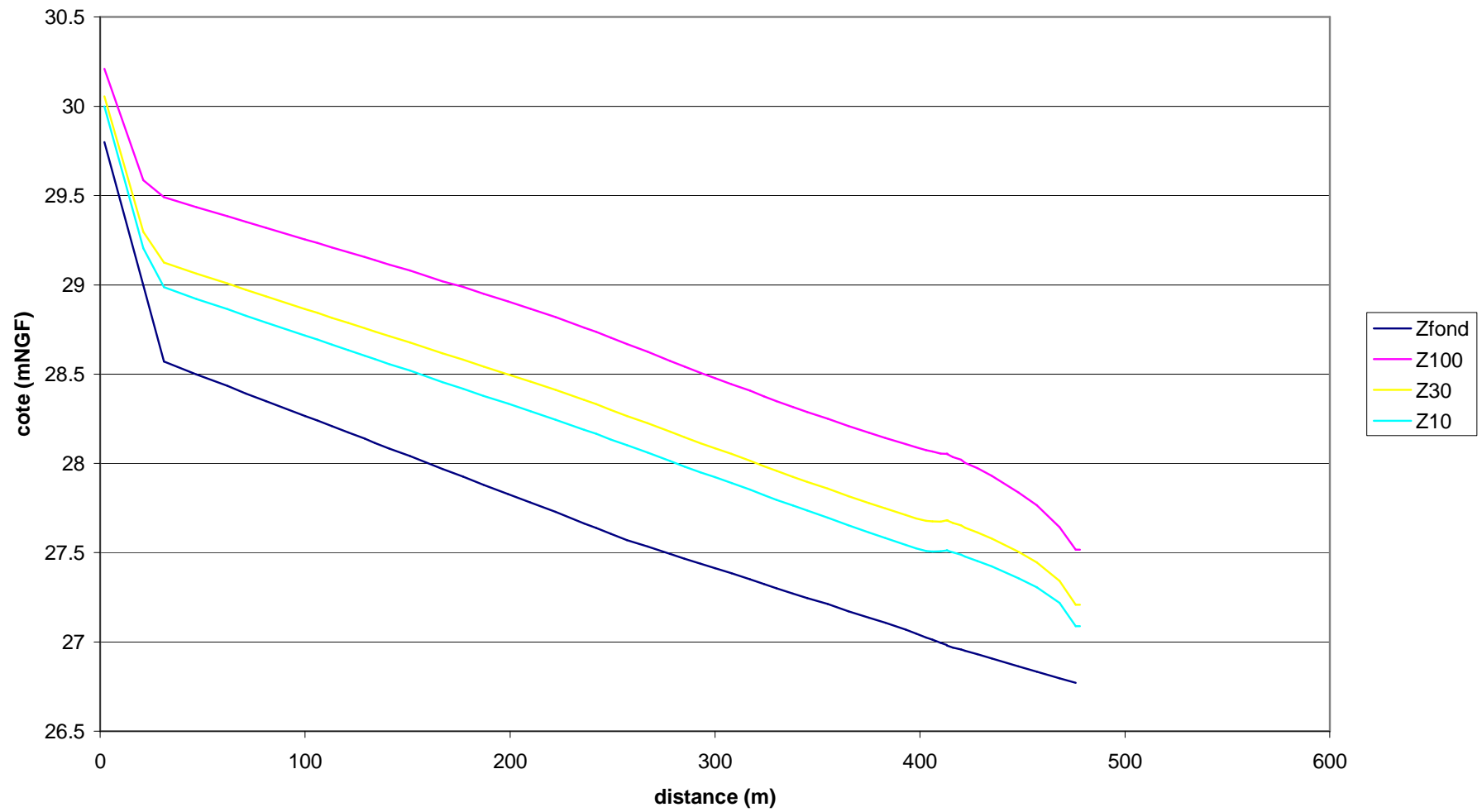
rue Daudet : calage crue 2005

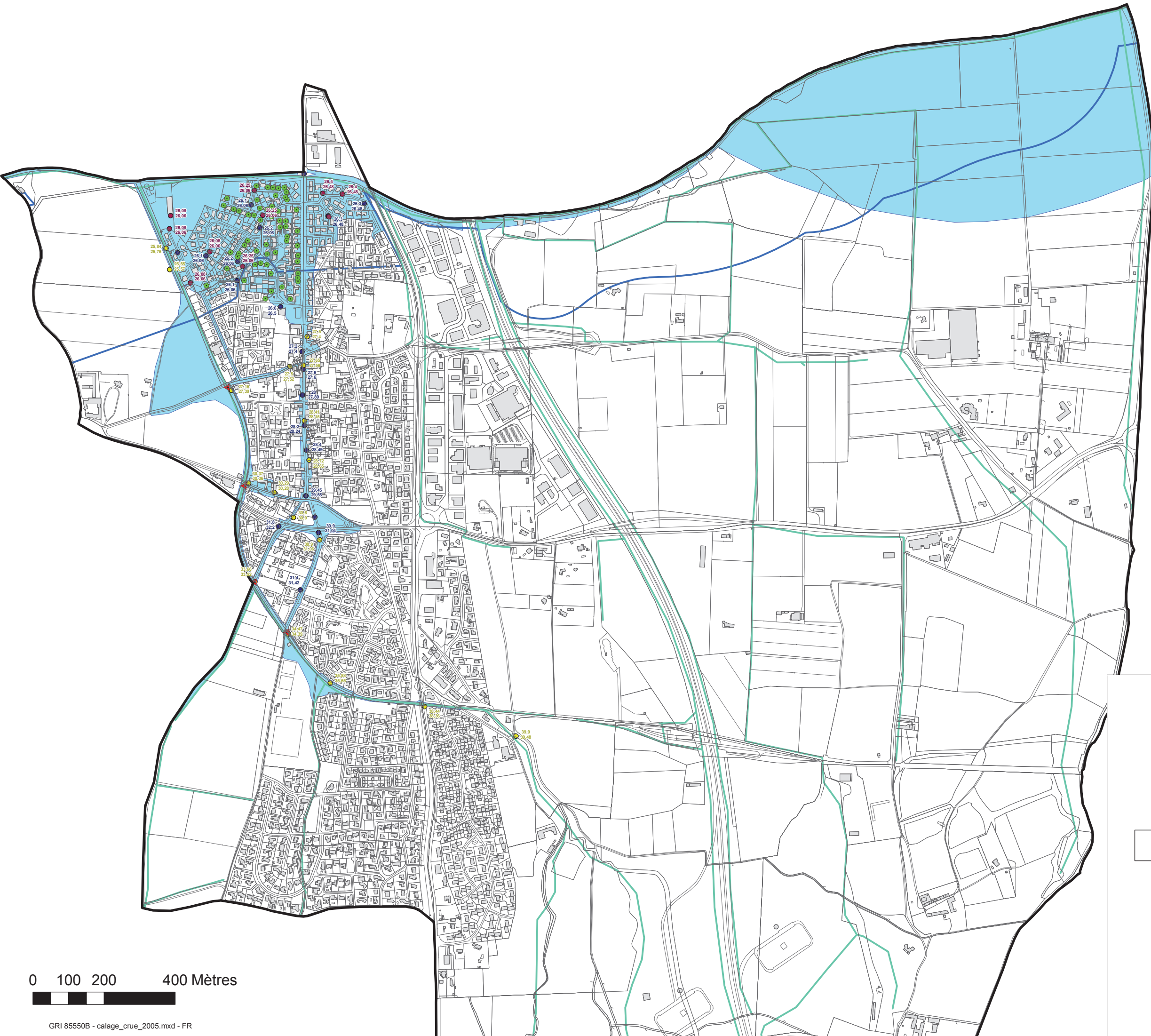


profil en long rue de l'Abrivado



profil en long rue Daudet





Légende

- enquête inondation auprès des habitants
- ▲ Points_débordement_point
- PHE (2005) source DDE
- PHE (2005) source commune
- PHE (2005) source EGIS eau
- Cote observée
- Cote calculée
- Réseau hydrographique
- Limite de la crue du Vistre PPR 1996 source SAFEGE
- Emprise de la zone inondée - Septembre 2005 Source Commune/EGIS

Commune de Caissargues

Zonage du Risque Inondation à l'échelle communale
et intégration dans les documents d'urbanisme

Calage sur la crue de 2005





Légende

Classes de hauteurs d'eau (en m)

- 0 - 0,5
- > 0,5

--- Isohauteurs

— Profils en travers

- 24.3 Cote (en m)
- 30 Débit (en m³/s)
- 35.2 Vitesse (en m/s)

— Réseau hydro

Enjeux ponctuels (source: Predict)

- Accueil de population sensible
- Alimentation en eau potable
- Autre bâtiments accueillant du public
- Bâtiment participant à la gestion de crise
- Cimetière
- Edifices
- Habitation isolée
- Site de traitement

GRI 855508 - Phase_2_10ans.mxd - FR





Légende

Classes de hauteurs d'eau (en m)

- 0 - 0,5
- 0,5 - 1
- > 1

--- Isohauteurs

— Profils en travers

- 24.3 Cote (en m)
- 30 Débit (en m³/s)
- 35.2 Vitesse (en m/s)

■ Réseau hydro

Enjeux ponctuels (source: Predict)

- Accueil de population sensible
- Alimentation en eau potable
- Autre bâtiments accueillant du public
- Bâtiment participant à la gestion de crise
- Cimetière
- Edifices
- Habitation isolée
- Site de traitement

GRI 8550B - Phase_2_30ans.mxd - FR





Légende

Classes de hauteurs d'eau (en m)

- 0 - 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 1,5
- > 1,5

--- Isohauteurs

— Profils en travers

24.3 Cote (en m)

30 Débit (en m³/s)

35.2 Vitesse (en m/s)

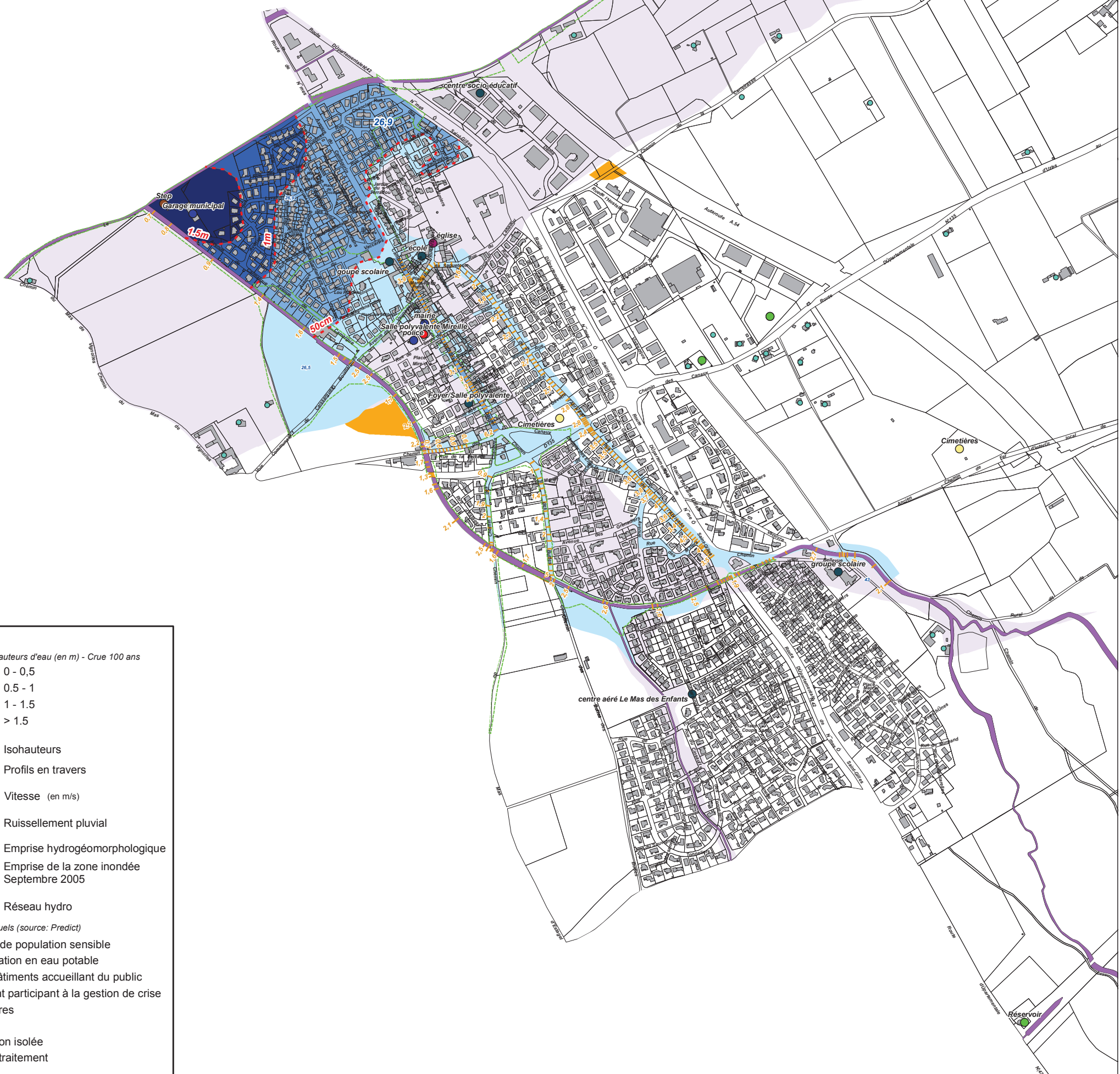
— Réseau hydro

Enjeux ponctuels (source: Predict)

- Accueil de population sensible
- Alimentation en eau potable
- Autre bâtiments accueillant du public
- Bâtiment participant à la gestion de crise
- Cimetière
- Edifices
- Habitation isolée
- Site de traitement

GRI 855508 - Phase_2_100ans.mxd - FR





Légende

Classes de hauteurs d'eau (en m) - Crue 100 ans

- 0 - 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 1,5
- > 1,5

--- Isohauteurs

— Profils en travers

4,5 Vitesse (en m/s)

Ruissellement pluvial

Emprise hydrogéomorphologique

Emprise de la zone inondée
Septembre 2005

Réseau hydro

Enjeux ponctuels (source: Predict)

- Accueil de population sensible
- Alimentation en eau potable
- Autre bâtiments accueillant du public
- Bâtiment participant à la gestion de crise
- Cimetières
- Edifices
- Habitation isolée
- Site de traitement





Légende

Classes de hauteurs d'eau (en m)

- > 1
- 0 - 0.5

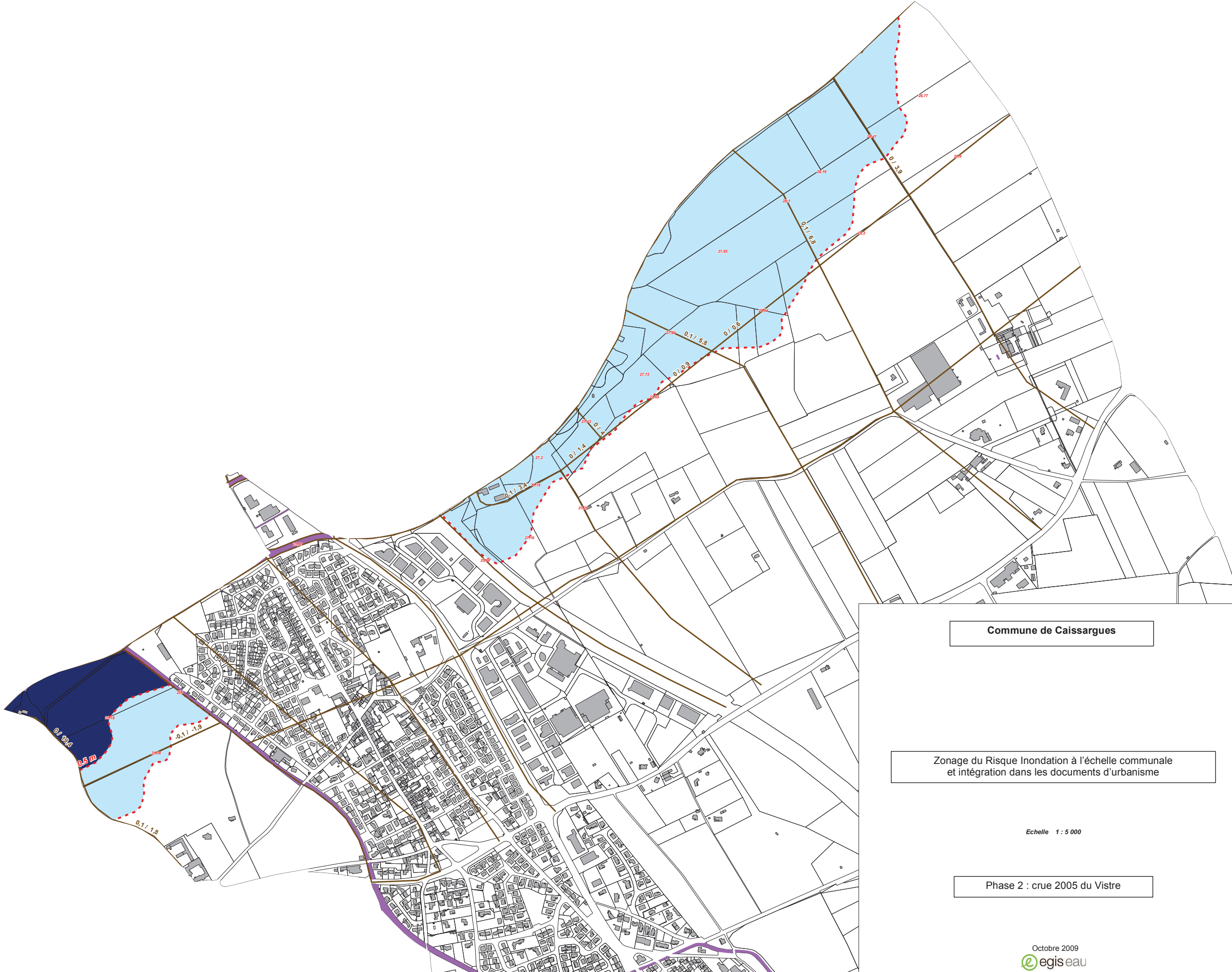
--- Isohauteurs

24.3 Cote (en m)

0.1 / 7.4 Vitesses (en m/s) / Débits (en m3/s)

Réseau hydro

GRI 85550B - Phase_2_88reel_Vistre.mxd - FR



Commune de Caissargues

Zonage du Risque Inondation à l'échelle communale
et intégration dans les documents d'urbanisme

Echelle 1 : 5 000

Phase 2 : crue 2005 du Vistre



Légende

Classes de hauteurs d'eau (en m)

- > 1.5
- 1 - 1.5
- 0.5 - 1
- 0 - 0.5

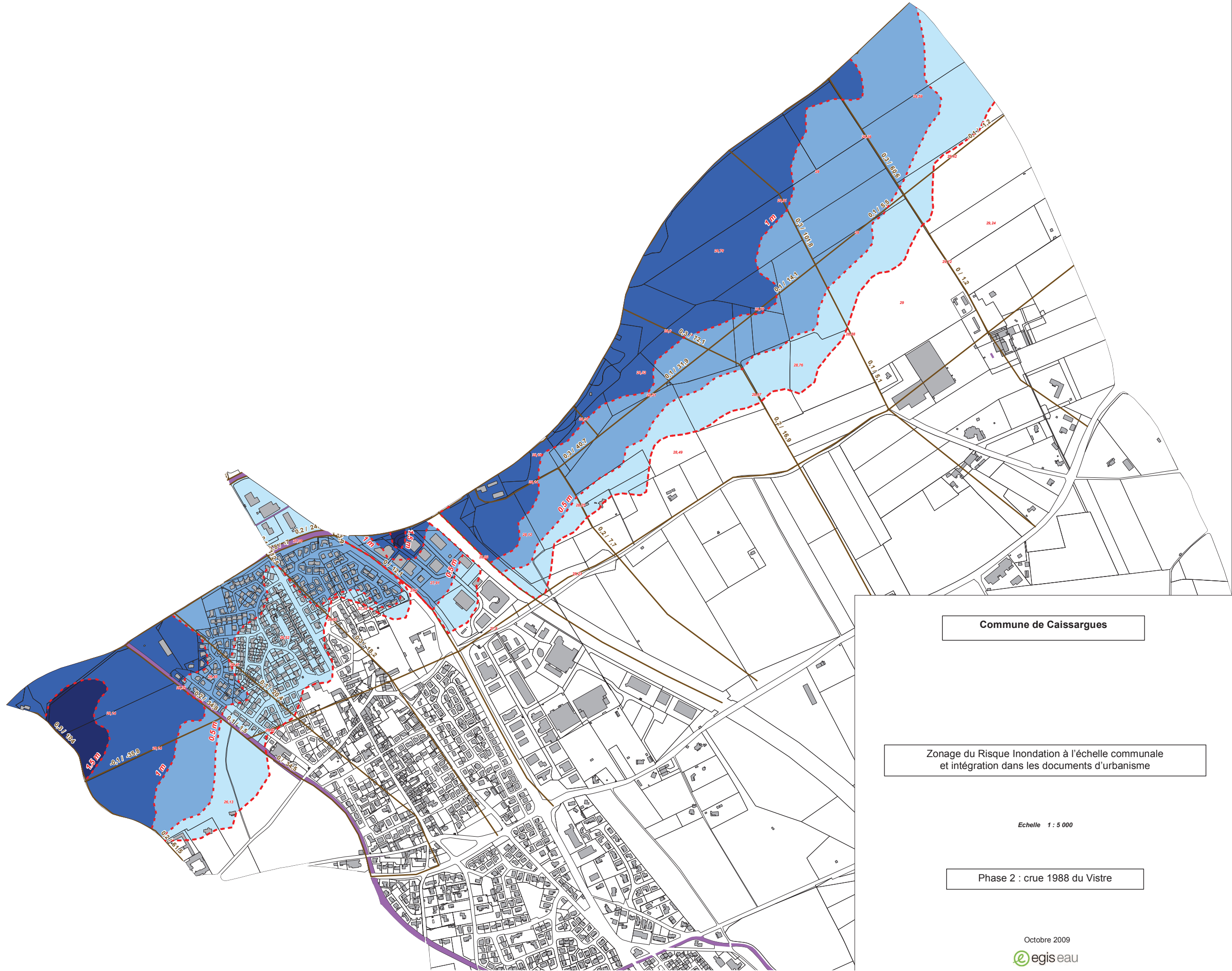
--- Isohauteurs

24.3 Cote (en m)

0.1 / 7.4 Vitesses (en m/s) / Débits (en m3/s)

Réseau hydro

GRI 85550B - Phase_2_100ans_Vistre.mxd - FR



Commune de Caissargues

Zonage du Risque Inondation à l'échelle communale
et intégration dans les documents d'urbanisme

Echelle 1 : 5 000

Phase 2 : crue 1988 du Vistre

Octobre 2009





- Etudes générales
- Assistance au Maître d'Ouvrage
- Maîtrise d'œuvre conception
- Maîtrise d'œuvre travaux
- Formation

Siège social
78, allée John Napier
CS 89017
34965 - Montpellier Cedex 2

Tél. : 04 67 99 22 00

Fax : 04 67 65 03 18
montpellier.egis-eau@egis.fr
<http://www.egis-eau.fr>

