

ETUDE N°00-13-029

**ETUDE HYDRAULIQUE DES ZONES
INONDABLES DE LA COMMUNE DE MOURIES**

COMMUNE DE MOURIES

**DIRECTION DEPARTEMENTALE
DE L'EQUIPEMENT
DES BOUCHES DU RHÔNE**

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION.....	4
2	ETUDE HYDROLOGIQUE	5
2.1	Notion de période de retour	5
2.2	Caractéristiques morphologiques des bassins versants et des cours d'eau.....	6
2.3	Climatologie - Pluviométrie	9
2.3.1	Caractéristiques climatiques générales	9
2.3.2	Analyse des précipitations journalières	9
2.4	Estimation des débits de crue	13
2.4.1	Estimation du débit de pointe décennal	13
2.4.1.1	Utilisation des méthodes classiques de l'hydrologie	13
2.4.1.2	Analyse de données existantes.....	15
2.4.1.3	Choix du débit de pointe décennal	18
2.4.2	Estimation des débits de crue rares.....	19
3	APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE	23
3.1	Généralités.....	23
3.2	Méthodologie.....	23
3.3	Application de la cartographie hydrogéomorphologique aux bassins versants du Gaudre du Mas Neuf, du Gaudre du Vallat, du Lambert et de leurs affluents	25
3.3.1	Les champs d'inondation.....	25
3.3.1.1	Gaudre du Destet, Gaudre d'Aureille, Gaudre du Mas neuf.....	25
3.3.1.2	Gaudre du Vallat	26
3.3.1.3	Bief du Cimetière – Lambert	26
3.3.2	Les aménagements hydrauliques	27
3.4	Conclusion	27
4	ETUDE HYDRAULIQUE.....	28
4.1	Méthodologie.....	28
4.1.1	Modèle et données utilisées.....	28
4.1.2	Géométrie et coefficient de rugosité.....	28
4.1.2.1	Géométrie du cours d'eau.....	28
4.1.2.2	Rugosité.....	29
4.1.3	Méthodologie pour la modélisation des écoulements	29
4.1.4	Crues de référence.....	30
4.2	Le Gaudre du Destet / du Mas Neuf.....	32
4.2.1	Mémoires de crues.....	32
4.2.2	Capacité des cours d'eau et des ouvrages.....	33
4.2.2.1	Le cours d'eau	33
4.2.2.2	Les ouvrages.....	33
4.2.3	Crue décennale	33
4.2.4	Crue centennale	35
4.3	Le Gaudre du Vallat.....	40
4.3.1	Capacité des cours d'eau et des ouvrages.....	40
4.3.1.1	Le cours d'eau	40
4.3.1.2	Les ouvrages.....	40
4.3.2	Crue décennale	41
4.3.3	Crue centennale	42

4.4	Bief du Cimetière / Lambert.....	45
4.4.1	Capacité des cours d'eau et des ouvrages.....	45
4.4.1.1	Le cours d'eau	45
4.4.1.2	Les ouvrages.....	45
4.4.2	Crue décennale	47
4.4.3	Crue centennale	48
4.5	ZONAGE DE L'ALEA.....	51
4.5.1	Préambule.....	51
4.5.2	Critères retenus pour le zonage de l'aléa.....	51
4.5.3	Gaudre du Destet – Gaudre du Mas Neuf.....	52
4.5.4	Gaudre du Vallat	52
4.5.5	Ruisseau du Lambert – Bief du Cimetière.....	53
4.5.6	Remarque générale.....	53

1 INTRODUCTION

La commune de Mouriès est traversée par plusieurs cours d'eau, le Gaudre du Mas Neuf, le Lambert, le Bief du Cimetière et le Gaudre du Vallat.

La commune souhaite s'informer des risques inondation liés à ces rivières et disposer d'une cartographie de l'aléa centennal.

Une étude hydraulique a alors été confiée à IPSEAU. Elle a pour but de préciser sur les secteurs concernés les contraintes et mécanismes d'écoulement et de débordement, de déterminer les caractéristiques de crue, notamment pour l'aléa décennal et centennal et d'établir une cartographie des zones inondables.

Une analyse hydrologique permettra d'estimer les débits caractéristiques de crue ainsi que la formation des écoulements.

L'étude hydraulique sera complétée par une analyse géomorphologique qui identifiera les différentes unités morphologiques du bassin versant ainsi que les talwegs, cuvettes topographiques et couloirs d'écoulement.

La synthèse de ces divers éléments permettra d'aboutir au zonage de l'aléa inondation sur la commune.

2 ETUDE HYDROLOGIQUE

L'étude hydrologique a pour but d'analyser les mécanismes de formation des écoulements, du ruissellement de surface et des crues.

Elle se base sur les caractéristiques climatologiques et géomorphologiques du bassin versant. Elle permet d'estimer les débits et les caractéristiques de crues pour différentes périodes de retour.

2.1 Notion de période de retour

Le caractère aléatoire des crues et des pluies impose une analyse de leur probabilité d'occurrence (ou de fréquence d'apparition).

A chaque débit de projet est associé une fréquence d'apparition f ou une période de retour T , définie comme l'inverse de la fréquence :

$$T = \frac{1}{f}$$

La période de retour permet d'apprécier le caractère plus ou moins exceptionnel d'un événement.

Un débit de crue qui a une occurrence (une chance) sur 10 d'être atteint ou dépassé une année donnée est, par définition, ce que les hydrologues appellent "**débit décennal**". En effet, un tel débit est dépassé en moyenne une fois tous les 10 ans sur une longue période. Pour le riverain d'un cours d'eau, il s'agit d'un débit qu'il verra dépassé 5 à 10 fois dans sa vie en moyenne.

Répondant à une définition analogue, le **débit centennal** (période de retour $T=100$ ans) est un débit qui a une chance sur cent d'être atteint ou dépassé une année donnée donc en moyenne une fois tous les 100 ans sur une très longue période. En simplifiant, on peut dire que la **crue centennale** est la crue qui a marqué les mémoires d'une génération de riverains.

Cette notion de "période de retour" est primordiale en hydrologie et il faut bien noter qu'elle correspond à une durée moyenne, c'est à dire une durée statistique ou théorique sans jamais et en aucun cas faire référence à un quelconque cycle.

En effet, une pluie ou une crue décennale peut se produire plusieurs fois au cours d'une décennie comme il peut ne pas s'en produire pendant plusieurs décennies.

Par ailleurs, le fait qu'il vienne de se produire une crue décennale ne modifie en rien la probabilité d'en observer une autre dans la même année ; les deux événements sont dits « indépendants ».

2.2 Caractéristiques morphologiques des bassins versants et des cours d'eau

Nous présenterons ici les caractéristiques géomorphologiques des bassins versants des différents cours d'eau étudiés, les Gaudres d'Aureille et du Destet, le Gaudre du Vallat et le Lambert.

Quelques centaines de mètres après la confluence des Gaudres d'Aureille et du Destet, le cours d'eau résultant prend le nom de Gaudre du Mas Neuf.

Le Lambert est un ruisseau péri urbain qui collecte les eaux pluviales de la partie Nord du village de Mouriès. Son principal affluent est le Bief du Cimetière.

Les gaudres prennent naissance sur les hauteurs du massif des Alpilles. Ils s'écoulent sur les pentes de ce massif calcaire avant de traverser la commune de Mouriès pour se rejeter enfin dans les divers canaux qui alimentent la plaine de l'ancien marais des Baux.

La chaîne des Alpilles accuse un relief très accentué. Les bassins versants des deux gaudres présentent alors deux parties distinctes :

- un haut de bassin versant caractérisé par un cours d'eau à forte pente, ainsi que par une dominance géologique calcaire qui laisse présager en temps de pluie un ruissellement important ainsi qu'une montée soudaine des crues,
- un bas de bassin versant correspondant au cône de déjection des Gaudres dans la vallée où la pente des cours d'eau s'adoucit nettement.

Le tableau ci-dessous donne les principales caractéristiques des bassins versants considérés :

Cours d'eau	n° Nœud	Surface	Pente	Pente pondérée	PLCH	Altitude en m	
		km ²	m/m	m/m	km	min	max
Gaudre D'Aureille	1	14.10	0.04	0.026	9.4	29	412
Gaudre du Destet	1	15.05	0.043	0.04	8	29	368
Gaudre du Mas neuf	1bis	30.1	0.038	0.038	10.3	20	412
Gaudre du Vallat	2	1.97	0.03	0.03	4	7.5	126

D'un point de vue géologique, le bassin versant correspondant au massif des Alpilles est essentiellement calcaire, tandis que la partie basse est plutôt alluvionnaire (cône de déjection des Gaudre). Alors que la constitution géologique de la partie élevée du bassin versant le rend sensible au ruissellement de surface, la partie inférieure du bassin versant est nettement plus perméable.

Les cours d'eau des bassins versant péri urbain prennent naissance sur les hauteurs de Mouriès. Ils participent autant à l'assainissement pluvial qu'à l'irrigation. Dans la partie la plus au Nord du village ils drainent essentiellement des champs. Ensuite, ils serpentent entre les habitations, récoltant les eaux des voiries et des parcelles.

Les caractéristiques principales des bassins versant péri urbain sont les suivantes :

Cours d'eau	n° Nœud	Surface	Pente m/m		PLCH km	Altitude en m	
		km ²	Moy.	Pond.		min	max
Bief cimetièrè	3	0.79	0.07	0.028	1.5	14	118
Lambert amont	4	1.85	0.042	0.019	2.5	13.5	118
Mas de Brau	2	0.22	0.024	0.024	1	7.5	31
Lambert confluence	2	1.95	0.035	0.016	3.2	7.5	118

Le découpage des bassins versants et des sous bassins est présenté dans les planches Hors Texte n°1 et 2.

Temps de concentration

Le temps de concentration t_c d'un bassin versant est le temps que met une goutte d'eau pour parcourir le trajet séparant le point le plus éloigné de l'exutoire.

Ce temps de concentration est un élément intéressant voire indispensable pour l'étude hydrologique d'un bassin versant car :

- il permet de définir la nature et la durée de l'épisode pluvieux sensé générer la crue de projet (plus le temps de concentration est grand, plus les pluies à prendre en compte doivent être longues),
- il permet de caractériser le mode de comportement, c'est-à-dire l'inertie du bassin vis-à-vis des précipitations : des variations relativement fortes d'intensité sont dans certaines limites, amorties par le bassin (au niveau de l'écoulement) lorsque leur période moyenne de fluctuation est nettement inférieure au temps de concentration (le bassin joue le rôle d'un filtre et, au niveau des écoulements, tout se passe alors comme si l'intensité demeurait à peu près constante).

A l'inverse, si le temps de concentration est nettement inférieur à la période moyenne des variations d'intensité, les variations d'intensité de pluie se traduiront, quasiment sans atténuation, par des variations de débit.

Durée caractéristique de crue

La durée caractéristique de crue (D) est la durée pendant laquelle le débit est supérieur à la moitié du débit de pointe instantané (Débit maximum / 2).

C'est un paramètre intéressant car il permet de relier le débit à la durée pendant laquelle il est observé. Cette donnée est indispensable à la résolution de certains problèmes pour lesquels le volume ruisselé a une importance capitale (laminage de crue par exemple).

Les temps de concentration des bassins versants étudiés, déterminés par confrontation des méthodes de Passini, et Ventura et les durées caractéristiques de crue, déterminés par la méthode Socose sont :

Cours d'eau	N° Nœud	Surface	Temps concentration	D Socose
		km ²	h	h
Gaudre d'Aureille	1	14.10	2.9	5.1
Gaudre du Destet	1	15.05	2.6	5.21
Gaudre du Mas Neuf	1 bis	30.1	2.9	6.5
Vallat	2	1.97	1.24	2.72 *
Bief cimetièrè	3	0.79	0.68	2.03 *
Lambert amont	4	1.85	1.31	2.66 *
Mas de Brau	2	0.22	0.42	1.35 *
Lambert confluence	2	1.95	1.57	2.21 *

* Valeurs données à titre indicatif (limite du domaine de validité de la formulation de Socose)

2.3 Climatologie - Pluviométrie

2.3.1 *Caractéristiques climatiques générales*

Le secteur d'étude est situé dans une région dont le climat est à nette tendance méditerranéenne. Les fréquentes sécheresses estivales, les orages très violents et la grande luminosité du ciel sont les traits les plus connus de ce climat.

Les pluies (au regard de la lame d'eau annuellement précipitée) sont relativement peu abondantes (de l'ordre de 650 mm par an en moyenne) réparties sur une soixantaine de jours.

Les principaux apports proviennent de violentes averses à la fin de l'été ou au début de l'automne.

La température moyenne annuelle réduite au niveau de la mer est de l'ordre de 14.5°C.

Plus particulièrement au niveau des précipitations, le climat méditerranéen se caractérise par l'existence de pluies localisées de très forte intensité (plus de 300 mm en quelques heures) qui provoquent souvent des inondations brèves et catastrophiques.

2.3.2 *Analyse des précipitations journalières*

a/ Précipitations maximales journalières

Les pluies journalières décennales sont obtenues en un lieu donné par l'ajustement statistique d'une loi appropriée aux valeurs observées.

Les valeurs obtenues sur plusieurs postes locaux ou régionaux nous ont été rendues disponibles par :

- les services départementaux de la Météorologie Nationale (station de Marignane, Orange, Salon de Provence, Nîmes),
- la consultation de divers documents (" Analyse des pluies de 1 à 10 jours sur 300 postes métropolitains " - CTGREF - 1979 ; " Analyse des fortes pluies de 1 à 10 jours sur 300 postes du Sud-Est " - CEMAGREF - 1982).

« L'Analyse des pluies de 1 à 10 jours sur 300 postes métropolitains » (Ministère de l'Agriculture – Ministère des Transports, 1979) permet d'obtenir pour quelques postes de mesure encadrant le secteur d'étude, la valeur décennale des précipitations maximales journalières.

Ces valeurs (calculées sur la période d'observation 1951-1977) sont présentées dans le tableau suivant :

Poste d'observation	Pluie max journalière (mm)
ARLES	93
ISTRES	92
MARSEILLE	82
NIMES	93
APT	98
ORANGE	92

Par ailleurs, les cartes des précipitations journalières décennales établies dans le cadre de la méthode CRUPEDIX (« Synthèse nationale sur les crues des petits bassins versants », Ministère de l'Agriculture 1980) et intégrant entre autre, les données précédentes, fournissent une valeur de l'ordre des 100 mm.

La correction dite de Weiss permet d'estimer la valeur de la précipitation maximale journalière centrée $P_{10} = 114$ mm.

b/ Précipitations maximales sur une courte durée

b1/ Formulation de Montana

La formulation traditionnelle de Montana permet une représentation mathématique reliant l'intensité ou la hauteur maximale de pluie à la durée de l'événement considéré.

Elle est ajustée en général pour les pluies supérieures à un seuil et centrées.

Elle s'exprime de la façon suivante :

$$H(t) = a \cdot t^{(1-b)}$$

$H(t)$: hauteur de pluie précipitée, en mm, pour la durée t

t : durée, en heures, de l'événement pluvieux considéré

a et b : paramètres de Montana, caractéristiques de la région et dépendants de la période de retour

Les coefficients a et b permettent donc de décrire une courbe Intensité-Durée (pour une fréquence donnée).

Le tableau qui suit donne, pour quelques postes d'observation situés à proximité du périmètre d'étude, les coefficients de Montana décennaux qui ont pu être obtenus (ajustement statistique) à partir des pluies intenses enregistrées sur ces divers postes.

Ces valeurs sont tirées du document "Analyse des fortes pluies de 1 à 72 heures sur 12 stations des Bouches du Rhône", CEMAGREF - DDA - SRAE, juin 1983.

Coefficients de Montana décennaux sur divers postes d'observation

Poste	Altitude	Période d'observation	Coefficients de Montana décennaux			
			Pluies < 4 h		Pluies > 4 h	
			a10	b10	a10	b10
Salon de Provence	59 m	1965-1979 : 15 ans	45.3	0.55	61.6	0.77
Arles	8 m	1965-1979 : 15 ans	36.7	0.62	42.6	0.73
Chateaurenard	32 m	1965-1979 : 15 ans	31.7	0.62	37.2	0.75
Baux de Provence	222 m	1968-1978 : 11 ans	44.7	0.63	52.8	0.75

L'analyse des différentes séries pluviométriques, des valeurs obtenues et des anomalies auxquelles ont été sujettes les différentes stations pluviométriques conduisent à adopter comme postes de référence les postes de Salon-de-Provence et d'Arles.

b2/ Quantités des pluies sur différentes durées

Les précipitations maximales sur de courtes durées (c'est à dire sur des pas de temps nettement inférieurs à la journée) constituent des données fondamentales lorsqu'il s'agit de prévoir le comportement de petits bassins versants, tels ceux des Gaudres étudiés ainsi que des petits bassins versants péri urbain, sensibles aux précipitations orageuses très intenses mais d'assez courte durée.

Malheureusement, ces données ne sont disponibles qu'en de rares postes d'observation, équipés de pluviographes ou de stations automatiques, et demandent souvent à être nuancées ou critiquées car elles ne sont pas toujours forcément les plus représentatives (altitude, exposition...) du secteur d'étude.

Pour ces durées courtes, les services de la Météorologie Nationale proposent les résultats d'une série d'ajustements statistiques sur les précipitations maximum annuelles (pluies supérieures à un seuil) pour des durées glissantes variant entre 6 minutes et 24 heures obtenues à Salon de Provence, Nîmes et Orange.

Chaque durée considérée a fait l'objet d'un traitement statistique particulier permettant de définir :

- la valeur seuil de pluie,
- le ou les types de distributions théoriques de probabilité donnant le meilleur ajustement statistique.

Une analyse des quantités de pluies recueillies sur les stations pluviographiques de Salon de Provence, Marignane, Nîmes-Courbessac et Orange conduit à retenir les hauteurs de pluie suivantes :

Hauteurs maximales de pluie (mm) sur différentes durées et pour différentes périodes de retour T

Durée considérée	Périodes de retour T			
	T = 10 ans	T = 25 ans	T = 50 ans	T = 100 ans
5 mn	13	16	18	21
6 mn	14	17	19	22
10 mn	18	22	27	31
15 mn	22	28	34	40
20 mn	26	34	42	48
30 mn	34	43	54	62
1 h	49	65	76	88
2 h	66	86	102	119
3 h	83	108	133	156
6 h	109	142	165	194
12 h	115	151	177	209
24 h	120	160	184	220

Par ailleurs, les valeurs enveloppes de quantiles de pluie définies dans le cadre d'une analyse régionale sont :

Valeurs enveloppes pour une analyse régionale

Durée considérée	Périodes de retour T						
	1 an	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
6 mn	9	11	14	17	21	27	33
12 mn	12	16	20	25	31	39	49
18 mn	15	19	24	31	38	49	62
30 mn	19	24	31	41	51	66	82
1 h	26	33	44	60	76	97	121
1 h 30 mn	31	40	54	76	95	121	152
2 h	36	45	62	89	111	142	178
4 h	45	57	77	105	132	168	211
6 h	50	63	85	119	145	186	233
8 h	54	67	91	125	156	200	250
12 h	59	74	101	138	172	221	276
24 h	70	88	119	163	204	261	327
48 h	83	105	141	194	242	310	387
72 h	92	115	156	214	267	342	428

Ces valeurs, pour des durées inférieures ou égales à 2 heures, sont identiques à celles préconisées pour l'ensemble de la région méditerranéenne, dans "« l'Instruction Technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations » (circulaire 77-284 INT).

2.4 Estimation des débits de crue

Il a été calculé les débits de pointe d'une occurrence donnée, propre à chaque bassin et sous bassins.

Il est à noter que le cumul des débits générés par les sous bassins versants donnerait, à l'exutoire du bassin versant total, un débit de pointe d'une période de retour supérieure.

Ce calcul permet de déterminer la valeur maximale du débit généré par un sous bassin pour une occurrence donnée.

Dans la pratique, le débit de référence à l'exutoire d'un bassin versant sera conservé et les débits aux nœuds intermédiaires seront calculés au prorata de la superficie drainée.(cf § 4.1.4)

2.4.1 *Estimation du débit de pointe décennal*

Les débits de pointe de crue de temps de retour égale à 10 ans peuvent être effectués de diverses manières :

- application de méthodes classiques de l'hydrologie rurale (type SOCOSE, CRUPEDIX...),
- application d'une formulation déterministe, type rationnelle, faisant intervenir directement la pluie de projet,
- analyse statistique de série de mesures hydrométriques relevées sur les cours d'eau étudiés ou sur des rivières comportant des caractéristiques hydrologiques similaires, lorsque des données sont disponibles.

2.4.1.1 Utilisation des méthodes classiques de l'hydrologie

Ces méthodes, empiriques ou déterministes, sont généralement utilisées pour l'évaluation des débits, sur des bassins non jaugés.

a/ Méthode CRUPEDIX

Développée par le CEMAGREF, elle impose la relation suivante :

$$Q_{10} = R * \frac{P_{10}^2}{80} * S^{0.8}$$

avec :

Q₁₀ : débit décennal (m³/s)

P₁₀ : précipitation journalière décennale (mm)

S : surface du bassin versant (km²)

R : coefficient régional = 1

b/ Méthode SOCOSE

Cette méthode se base sur l'analyse de trois phénomènes : pluie, ruissellement et transformation du ruissellement en débit. L'estimation du débit de pointe décennal se fait donc à partir des caractéristiques topographiques du bassin versant et des caractéristiques suivantes :

S : superficie du bassin versant

L : longueur du talweg le plus long

P : pluie décennale journalière

Pa : pluviométrie annuelle moyenne

ta : température moyenne annuelle, réduite au niveau de la mer

b : exposant d'une formule de Montana

Valable pour des bassins versants de 2 à 200 km², cette méthode atteint cependant ses limites en milieu karstique.

c/ Méthode SOGREAH

Cette méthode est basée sur une synthèse des données pluviométriques et hydrauliques d'un grand nombre de bassins.

Un abaque donne le débit décennal en fonction de :

- la surface du bassin versant
- la pente moyenne
- la pluie décennale journalière
- une hypothèse de perméabilité

d/ Méthode Rationnelle

Cette méthode déterministe utilise un modèle simple de transformation de la pluie décrite par son intensité en un débit de pointe de même période de retour :

$$Q_{10} = 0.278 C \cdot I_{10} \cdot A.$$

avec :

Q₁₀ : débit de pointe décennal (m³/s)

C : coefficient de ruissellement " de pointe "

i : intensité pluviométrique (mm/h) de période de retour décennal sur le temps de concentration du bassin versant

A : surface du bassin versant

De nombreuses difficultés résident cependant en l'estimation du coefficient C, très variable selon l'occupation du sol, et du choix de la durée et donc de l'intensité de l'épisode pluvieux,

intensité pluviométrique qui peut être déterminée à l'aide de la formulation de Montana, décrite au § 2.3.2.

La durée retenue correspond généralement au temps de concentration du bassin versant.

e/ Résultats

Les résultats obtenus (pour les différents cours d'eau) par ces diverses méthodes sont donnés dans le tableau suivant :

Cours d'eau	N° Nœud	Surface km ²	Q10 en m3/s				P10 sur Tc mm	Q10 en m3/s	
			Sog imper	Sog semi	Socose	Crupédix		Méthode rationnelle	
Gaudre d'Aureille	1	14.10	16.5	11.2	11.0	13.0	89.5	12.3	25.7
Gaudre du Destet	1	15.05	20.5	13.7	11.0	13.7	78.6	14.8	30.8
Gaudre du Mas Neuf	1 bis	30.1	33.8	22.6	17.1	23.8	83.6	27.9	58.2
Vallat	2	1.97	3.57	2.45	2.97	2.69	52.6	2.79	5.8

Nous donnons deux valeurs pour la méthode rationnelle correspondant à deux hypothèses, l'une favorable, l'autre plus défavorable, de ruissellement. La modélisation de Montana retenue est celle ajustée aux valeurs de Salon.

Les valeurs obtenues par les méthodes SOGREAH imperméable et rationnelle constituent les bornes supérieures des débits calculés tandis que les résultats donnés par la méthode SOCOSE sont les plus faibles.

On rappelle que la nature du bassin versant (de type karstique) appelle à la précaution quant au choix du débit car elle réduit la validité des formules s'appuyant sur une hypothèse de ruissellement (type SOCOSE ou rationnelle) du fait du risque de résurgence ou de perte inhérent à la géologie en présence.

2.4.1.2 Analyse de données existantes

a/ Généralités

La connaissance et l'analyse des débits réellement observés à partir de longues séries de mesures données sur les stations hydrométriques permettent, en théorie, d'accéder à la meilleure estimation des débits de crue d'un cours d'eau.

En effet, il existe comme nous venons de le voir, diverses méthodes déterministes ou empiriques d'évaluation des débits de pointe, calées à l'échelle régionale sur la base de multiples données existantes.

Cependant, ces méthodes ne peuvent prendre en compte les singularités physiques (bassin versant karstique, ...) ou climatiques (précipitations orographiques,...) qui modifient le régime hydrologique des cours d'eau.

Néanmoins, de telles données ne sont pas toujours disponibles car de nombreuses rivières ne sont pas équipées de stations limnigraphiques.

Par ailleurs, quand les cours d'eau étudiés possèdent ce type d'équipement, nombreux sont les facteurs susceptibles de rendre la lisibilité et l'analyse des séries de mesures difficiles :

- dysfonctionnements ponctuels des appareils de mesures notamment en période de crue,
- mauvais positionnement de l'équipement rendant l'extrapolation de la courbe de tarage délicate,
- durée de la période d'observation insuffisante pour permettre l'extrapolation des données pour des temps de retour supérieurs à 10 ans.

Cependant, s'il peut être imprudent de déduire directement les valeurs de débits de fréquence extrême de l'analyse de ces valeurs, leur lecture constitue, dans la mesure d'un fonctionnement correct de la station, une bonne indication du régime hydrologique du cours d'eau.

b/ Stations de mesures existantes

Un certain nombre de cours d'eau prennent leur source sur le Massif des Alpilles. Quelques-unes de ces rivières qui s'écoulent au Nord ou au Sud de la chaîne sont équipées en stations débitométriques : Gaudre d'Aureille à Aureille, Gaudre du Mas Neuf à Mouriès, Gaudre Entreconque (ou Gaudre de la Foux) à Maussane, Gaudre du Destet à Destet...).

Ces stations sont gérées par la DIREN de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Cet organisme émet certaines réserves quant à la fiabilité des valeurs relevées, les équipements ayant subi au cours de leur existence un certain nombre de dysfonctionnements.

Une extraction des débits de crue de la Banque Hydro II a permis d'effectuer une analyse de ces données.

Compte tenu de la taille des bassins versants étudiés, de la localisation des stations ainsi que de la période d'observation, les trois stations les plus représentatives sont celles situées sur :

- **la Gaudre de la Foux à Maussane**

Superficie du bassin versant drainé : 7,6 km²
Période d'observation : 1967-1994
Nombre d'années de données : 27

- **la Gaudre du Destet à Destet**

Superficie du bassin versant drainé : 11,0 km²
Période d'observation : 1968-1994
Nombre d'années de données : 16

- **la Gaudre du Mas Neuf à Mourières**

Superficie du bassin versant drainé : 34,0 km²
Période d'observation : 1967-1978
Nombre d'années de données : 10

La Loi de Gumbel ajustée aux valeurs observées sur ces deux cours d'eau donne les résultats suivants :

→ **Gaudre de la Foux**

- débit décennal de pointe : 3,0 m³/s
- débit pseudo-spécifique : 0,59 m³/s/(km²)^{0.8}

→ **Gaudre du Destet**

- débit décennal de pointe : 5,0 m³/s
- débit pseudo-spécifique : 0,73 m³/s/(km²)^{0.8}

→ **Gaudre du Mas Neuf**

- débit décennal de pointe : 7,7 m³/s
- débit pseudo-spécifique : 0,46 m³/s (km²)^{0.8}

Les résultats donnent des valeurs de débit pseudo-spécifique particulièrement faibles. Rappelons que le débit pseudo-spécifique décennal de pointe résultant de la méthode CRUPEDIX est 1.6 m³/s/(km²)^{0.8}, soit 2 à 3 fois supérieurs aux valeurs mesurées sur les Gaudres.

Plusieurs explications peuvent être données :

- les débits de pointe décennaux (maxima instantanés) observés sur la Gaudre d'Entreconque et le Gaudre du Destet se divisent en deux sous-groupes :
 - un groupe de valeurs élevées (supérieures à 1.2 m³/s pour la première et 5 m³/s pour la seconde),
 - un groupe de valeurs particulièrement faibles (de moyennes respectives 0.52 et 0.32 m³/s).

Cette disparité conduit à l'estimation d'un faible débit décennal par ajustement statistique.

- la période d'observation est courte (16 et 10 valeurs) et antérieure à 1987. Or, la pluviométrie annuelle de ces années là est plus faible que la moyenne et la dernière décennie a été marquée par une augmentation de la pluviométrie,
- les stations ont pu subir des dysfonctionnements, notamment en période de crue,
- des bassins versants des cours d'eau de type karstique sont certainement sujets à des pertes difficiles à évaluer conduisant à de faibles valeurs observées.

La méthode de transfert permet de déterminer le débit décennal de pointe d'un bassin versant à partir du débit décennal connu sur un autre bassin, présentant des caractéristiques climatiques et morphologiques similaires.

La relation utilisée est :

$$Q_2 = Q_1 \times \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{0.8}$$

avec :

Q_i : débit décennal de pointe

S_i : surface du bassin versant

1 : indice du bassin versant connu

2 : indice du bassin versant inconnu

L'application de cette méthode à partir des valeurs de la Gaudre du Destet conduit à un débit de pointe décennal :

Cours d'eau	n°	Surface	Q10
	Nœud	km ²	m ³ /s
Gaudre d'Aureille	1	14.10	6.1
Gaudre du Destet	1	15.1	6.4
Gaudre du Mas Neuf	1bis	30.1	11.1
Gaudre du Vallat	2	1.97	1.3

2.4.1.3 Choix du débit de pointe décennal

Tel que cela a été décrit dans les paragraphes précédents la nature géologique de type karstique des bassins versants rend difficile l'utilisation des méthodes classiques de l'hydrologie ainsi que la lecture des valeurs observées.

Les débits pseudo-spécifiques obtenues sur les stations semblent trop faibles pour être retenus. Afin de tenir compte du caractère karstique du bassin versant, nous retiendrons un débit pseudo-spécifique décennal de pointe de 1.2 m³/s/km².

Ceci nous conduit aux valeurs suivantes pour les Gaudres :

Cours d'eau	n° Nœud	Surface	Q10
		km ²	m ³ /s
Gaudre d'Aureille	1	14.1	10.0
Gaudre du Destet	1	15.1	10.5
Gaudre du Mas Neuf	1bis	30.1	18.3
Gaudre du Vallat	2	1.97	2.1

Pour les petits bassins versants péri urbain, les résultats donnés par la méthode rationnelle ont été retenus :

Cours d'eau	N° Nœud	Surface	P10 sur Tc	Méthode rationnelle	Coefficient ruissellement
		km ²	mm	Q10 en m ³ /s	
Bief cimetière	3	0.79	38.5	1.9	15%
Lambert amont	4	1.06	49.7	3.3	25%
Lambert	4	1.85	44.4	5.1	20%
Mas de Brau	2	0.22	29.8	0.9	20%
Lambert confluence	2	2.17	61.7	5.5	25%
Cimetière NE	5	0.358	21.3	1.4	15%
Cimetière NO	6	0.066	17.4	0.3	15%

2.4.2 Estimation des débits de crue rares

a) Principales difficultés rencontrées

L'estimation des débits de crue rares (débits centennaux) sur les bassins versants ruraux méditerranéens se heurte aux difficultés suivantes :

- s'agissant d'événements rarement observés, ils sont par définition mal connus (les séries pluviométriques et hydrométriques résultant d'une à, au maximum, quelques dizaines d'années de mesure se révélant insuffisantes pour estimer correctement les phénomènes de période de retour 100 ans),
- en zone Méditerranéenne, et principalement pour les bassins versants de taille limitée, les forts débits sont liés à des précipitations orageuses très intenses et très localisées (noyau orageux de l'ordre du kilomètre) dont l'épicentre passe le plus souvent au travers des mailles du réseau de mesure (pluviomètres ou pluviographes),
- l'effet de ces précipitations par le ruissellement qui peut en résulter est encore plus difficile à appréhender en milieu rural car :

- il dépend de l'état hydrique du sol (fonction des antécédents pluviométriques) donc plus ou moins inconnu dans le cadre d'une prédétermination,
- le comportement du sol lors de précipitations extrêmes peut ne rien à voir avec celui observé pour des pluies plus courantes (effet de " seuil " : Au-delà d'une certaine quantité de pluie, toute précipitation supplémentaire ruisselle quasi-intégralement).

b) Méthodes usuelles d'estimation

Jusqu'à très récemment (quelques années), le débit de crue centennal était classiquement estimé à partir d'extrapolations statistiques basées sur la pluviométrie centennale, estimée à partir des séries ponctuelles d'observation (méthode rationnelle...), parfois en s'efforçant d'y intégrer les caractéristiques spécifiques du comportement du sol pour ces événements rares (méthode du GRADEX...).

Sans revenir en détail sur ces méthodes, on peut retenir qu'elles aboutissaient schématiquement à des débits centennaux environ 2 fois plus grands que les débits décennaux.

c) Insuffisance de ces méthodes usuelles

A partir de ces lois statistiques usuellement retenues en hydrologie (loi de Gumbel...), le calage en probabilité des événements catastrophiques observés récemment dans le Sud de la France (Nîmes, 1988 ; Vaison-la-Romaine, 1992 et 1993 ; Aix-en-Provence, 1993...) conduit à des périodes de retour très élevées (1000, 10 000 voire 100 000 ans) n'incitant pas les aménageurs à les prendre en considération puisque ceux-ci apparaissaient comme extrêmement rares.

En fait, la recrudescence de ces événements catastrophiques soulève la question de la pertinence des méthodes utilisées pour l'estimation des débits rares ; en particulier, est-il opportun d'estimer les événements extrêmes ou rares à partir des observations courantes (problème classique en statistique de savoir si les événements rares appartiennent ou pas à la même population que les événements plus courants et donc s'ils suivent ou pas les mêmes distributions théoriques de probabilité, cf. théorie des " horsains ").

d) Nouvelles investigations et résultats

Ces considérations précédentes ont conduit à de nouvelles investigations en ce qui concerne l'estimation des débits de crue rares. Les développements récents de l'hydrologie en la matière ont permis de montrer que si les événements extrêmes apparaissent localement (sur un poste ponctuel du réseau de mesure) rares, en réalité il s'agit d'événements fréquents (période de retour de 2 à 5 ans) à l'échelle régionale mais dont la localisation est aléatoire.

Les travaux de recherche engagés ces dernières années ont également permis d'établir de nouvelles méthodes d'estimation des débits de crues rares qui permettent de mieux prendre en compte les spécificités des précipitations et des crues méditerranéennes ; celles-ci sont basées préférentiellement sur l'analyse statistique des crues historiques recensées à l'échelle

régionale et/ou l'effet de seuil est observé pour les fortes pluies en ce qui concerne le ruissellement.

Sans revenir en détail sur ces nouvelles méthodes (formules de Bressand-Golossof...), il faut surtout retenir qu'elles conduisent à des débits centennaux sensiblement supérieurs à ceux retenus jusqu'alors et obtenus à partir des méthodes usuelles puisqu'ils sont plutôt de l'ordre de 5 fois le débit décennal (un peu plus ou un peu moins selon les caractéristiques du bassin versant) soit un peu plus du double des valeurs anciennement admises. Les débits centennaux retenus jusqu'alors apparaissent de fait plutôt comme des débits représentant des événements de période de retour variant schématiquement de 25 à 50 ans.

e) Quel crédit accorder à ces débits centennaux réactualisés ?

Il est bien évident que tant que l'hydrologie ne disposera pas d'un recul suffisant (quelques centaines d'années d'observation par exemple au travers d'un réseau de mesure le plus dense possible), l'estimation des débits de crue centennaux sera toujours sujette à caution car ceux-ci ne pourront résulter que de diverses approches ou considérations plus ou moins théoriques.

Cependant, il faut bien souligner que les débits centennaux tels qu'ils peuvent être estimés aujourd'hui à l'aide de ces nouvelles méthodes apparaissent désormais, au vu des développements récents de l'hydrologie et des événements catastrophiques observés ces dernières années dans le Sud de la France, comme les plus plausibles et ne font que résulter d'une approche strictement technique sans aucun rapport avec une démarche sécuritaire à l'excès par une majoration arbitraire par exemple des débits retenus jusqu'alors qui apparaissent aujourd'hui manifestement sous-évalués.

Les ordres de grandeur de ces débits centennaux nouvellement retenus peuvent même apparaître, dans une certaine mesure, comme logiques :

- En effet, si l'on considère (hypothèse généralement admise) que la pluie centennale est de l'ordre de grandeur du double de la pluie décennale, il est raisonnable de penser que le coefficient de ruissellement peut très bien passer (effet seuil) de 0,2 pour un événement décennal à 0,4 ou 0,5 pour un événement nettement plus intense type centennal soit (sur la base de la méthode rationnelle ou de la théorie de l'hydrogramme unitaire) un rapport de 1 à 4 ou 5 entre le débit décennal et le débit centennal. Si on ajoute l'effet de configurations spéciales affectant parfois les événements extrêmes (déplacement des averses, épicyclage, sol saturé par averses antérieures...) rien n'interdit de penser que ce rapport peut être encore supérieur,
- D'autre part, ces ordres de grandeur de débits centennaux ont déjà été réellement atteints ou dépassés à l'exutoire de bassins versants de plusieurs dizaines voire centaines de km² dont il est prouvé que seule une faible partie de la superficie totale du bassin versant (1/3 ou 1/4 par exemple) a fortement réagi (épicyclage de la pluie) ; sur le sous bassin versant de taille plus limitée qui a fortement réagi les débits ont donc été obligatoirement sensiblement plus importants,
- En outre, on se souviendra que des débits de crue spécifiques (c'est à dire ramenés à l'unité de superficie drainée) de 10 à 15 m³/s/km² ont été observés à de nombreuses

reprises sur l'arc méditerranéen français, avec parfois des débits encore très nettement supérieurs : par exemple de l'ordre de 20, 30, 40 et même 60 m³/s/km² en 1940 sur un bassin versant de 13 km² des Pyrénées Orientales).

f) Estimation du débit de crue centennale

Compte tenu de la faible taille des bassins versants en présence, nous retiendrons ***un rapport de 5 entre le débit de pointe décennal et le débit de pointe centennal*** :

Cours d'eau	N° Nœud	Surface	Q10 retenu	Q100 retenu
		km ²	m ³ /s	m ³ /s
Gaudre d'Aureille	1	14.1	10.0	50
Gaudre du Destet	1	15.1	10.5	53
Gaudre du Mas Neuf	1b	30.1	18.3	91
Gaudre du Vallat	2	1.97	2.1	10.3
BV Sud ouest	7	2.4	2.4	12
BV sud (1/2)	8	1.8	1.9	10

Cours d'eau	N° Nœud	Surface	Q10 retenu	Q100 retenu
		km ²	m ³ /s	m ³ /s
Bief cimetière	3	0.79	1.9	7.4
Lambert amont	4	1.06	3.3	13.2
Lambert	4	1.85	5.1	20.3
Mas de Brau	2	0.22	0.9	3.5
Lambert confluence	2	2.17	5.5	22.1
Cimetière NE	5	0.358	1.4	5.7
Cimetière NO	6	0.066	0.32	1.3

3 APPROCHE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

3.1 Généralités

La cartographie des champs d'inondation a été effectuée selon la méthode de la cartographie géomorphologique mise au point par le CETE Méditerranée. En 1996, cette méthode a donné lieu à la publication d'un guide technique (Masson, Garry & Ballais - Cartographie des zones inondables - Approche hydrogéomorphologique - Ed. Villes et Terroirs), publié par les Ministères de l'Environnement (Direction de l'Eau) et de l'Équipement (Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme).

Les détails de la méthode sont développés dans l'ouvrage précité, auquel nous renvoyons le lecteur. Quelques éléments fondamentaux doivent néanmoins être fournis ; ils permettront une meilleure compréhension du travail effectué et des résultats obtenus.

L'approche géomorphologique ne se substitue en aucun cas aux approches hydrologiques et hydrauliques, dans la mesure où elle ne fournit pas les informations relatives aux caractéristiques quantitatives des crues (débit, hauteur d'eau, vitesse d'écoulement...).

La cartographie géomorphologique intervient en amont et en complément de ces approches traditionnelles :

- comme approche préalable aux modélisations hydrauliques et à la conception d'ouvrages hydrauliques ;
- en tant que vecteur d'une réflexion applicable à la gestion des niveaux de l'aménagement du territoire et de la planification (délimitation des zones actuellement urbanisées ou urbanisables soumises aux risques inondation par exemple) ;
- comme base rationnelle d'une politique globale de gestion des eaux allant de problèmes spécifiques à la gestion intégrée de cours d'eau.

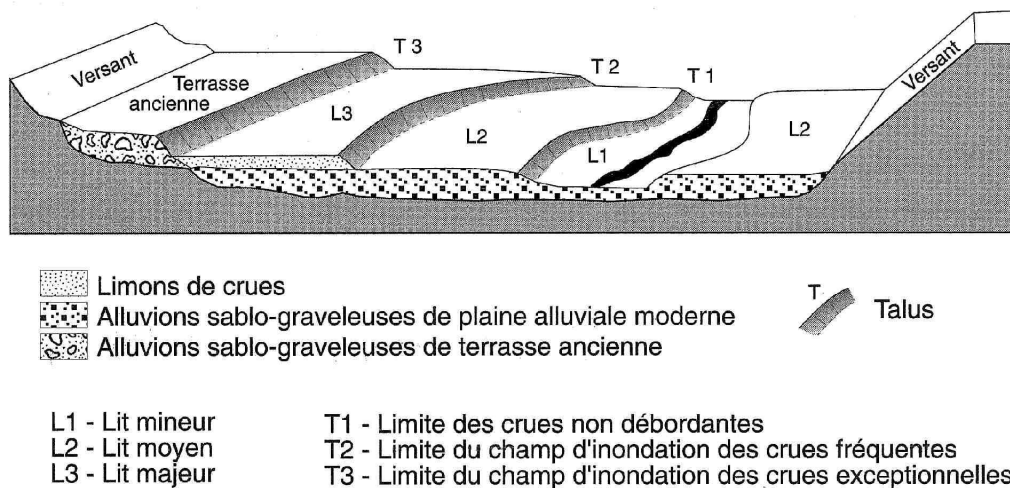
3.2 Méthodologie

L'approche géomorphologique est basée sur l'observation précise des champs d'inondation résultant du fonctionnement des cours d'eau. Après avoir restitué le tronçon de la vallée étudié dans son contexte de bassin versant, afin de bien comprendre les facteurs déterminants de son fonctionnement (climat, lithologie, pente...), il s'agit d'établir la délimitation précise des unités géomorphologiques significatives du fonctionnement hydrologique du système alluvial, soit (fig. 1) :

- le lit mineur comprenant le lit d'étiage, et correspondant à l'écoulement des eaux hors crue,

- le lit moyen résultant du débordement des crues relativement fréquentes, schématiquement annuelles à quinquennales en principe (mais pouvant être portées en réalité, pour l'état actuel, à vincennales, trentennales..., voire moins fréquentes encore lorsque des aménagements hydrauliques conséquents, tels que des recalibrages, ont modifié les écoulements naturels),
- le lit majeur submersible par des crues rares à exceptionnelles (centennale et au-delà) comme par exemple celles enregistrées à Nîmes ou à Vaison-La-Romaine.

Les unités physiques du cours d'eau définies ci-dessus (ou unités hydrogéomorphologiques) sont généralement séparés par des talus qui délimitent naturellement au sein de la plaine alluviale moderne, l'enveloppe des champs d'inondation.



Relations topographiques entre les différents lits

(in MASSON, GARRY et BALLAIS, 1996, Cartographie des zones inondables
- Approche hydrogéomorphologique, Ed. Villes et Territoires)

Ce travail d'observation relativement long et difficile sur le terrain est nettement facilité par le recours à la photo-interprétation stéréoscopique. Dans les cas présent, la cartographie des différents lits a été effectuée par photo-interprétation de photographies de 1993 à l'échelle du 1/20 000 (mission IGN 1993 - FD 8582).

L'utilisation de cette technique permet, par l'identification des différents indices déjà cités de restituer ces limites de zones soumises à l'aléa inondation (le pouvoir discriminant de la photo-interprétation est couramment de 0.5 m et varie selon l'échelle de prise de vue).

La restitution de la photo-interprétation et de l'analyse géomorphologique a été effectuée à l'échelle 1/5 000^{ème}.

La restitution cartographique de la photo-interprétation ne rend compte, dans un premier temps, que la géomorphologie de base de la plaine alluviale, c'est-à-dire celle considérée comme non modifiée par les travaux ou les ouvrages réalisés par l'homme. Cela permet de considérer l'organisation originelle de l'espace alluvial.

3.3 Application de la cartographie hydrogéomorphologique aux bassins versants du Gaudre du Mas Neuf, du Gaudre du Vallat, du Lambert et de leurs affluents

Ces bassins versants ont souvent occasionnés des inondations mais le développement de l'urbanisation a modifié les axes d'écoulements en certains endroits (Gaudre du Destet).

La cartographie des champs d'inondation au moyen de l'approche hydrogéomorphologique est bien adaptée à ce cas de figure car elle permet de restituer la surface occupée naturellement par les crues fréquentes à exceptionnelles, dans la plaine alluviale du cours d'eau, même en milieu urbain.

3.3.1 Les champs d'inondation

3.3.1.1 Gaudre du Destet, Gaudre d'Aureille, Gaudre du Mas neuf

Les bassins versants des Gaudres du Destet et d'Aureille se développent à l'amont de Mouriès dans les reliefs calcaires accidentés du massif des Alpilles situé au nord. Au nord-ouest de Mouriès, les gaudres du Destet et d'Aureille sont relativement encaissés. Dans ce secteur, le lit majeur de ses cours d'eau est ainsi peu étendu de part et d'autre des talwegs.

Les deux gaudres précédemment cités confluent à l'ouest de Mouriès, au nord de la route départementale 17 en prenant pour nom Gaudre du Mas neuf.

A partir de cette confluence, la plaine alluviale moderne, ou lit majeur, s'élargit de part et d'autre du Gaudre.

A l'aval de la RD17, le lit majeur se développe largement jusqu'à atteindre les anciens marais asséchés (commune de Maussane) où il occupe quasiment toute la plaine.

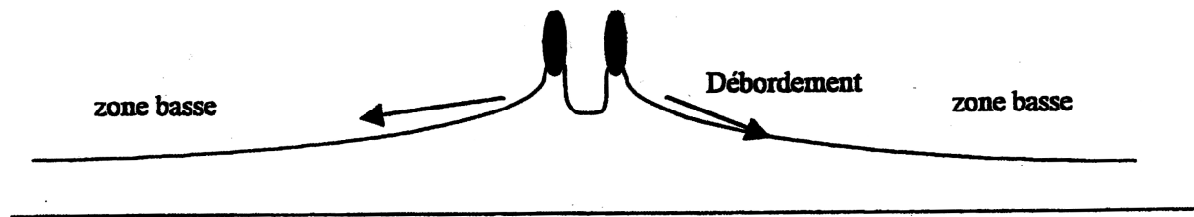
L'aménagement ancestral du cours d'eau (chenalisation et endiguement) a conduit à fixer son cours au sud de Mouriès, au milieu de la plaine alluviale afin de stopper la divagation naturelle de la rivière, à faciliter l'évacuation des crues et à assainir les pentes basses.

Cette position, en hauteur par rapport au reste de la plaine alluviale et le peu de pente de celle-ci, contribue toutefois à augmenter la superficie des zones inondables.

La délimitation de certains lits majeurs a parfois présenté des difficultés en raison de la quasi-absence d'indices topographiques permettant d'identifier clairement les limites externes des champs d'inondation.

Ainsi, à partir de la RD17 (Gaudre du Mas Neuf), les limites du lit majeur, plus difficiles à localiser, peuvent présenter une imprécision de l'ordre de quelques mètres. Cette imprécision

est liée à la topographie du toit de la plaine alluviale (cône de déjection¹), consécutive à l'exhaussement naturel du cours d'eau sur ses propres alluvions.



Cône de déjection / Zone inondable
Profil en travers schématisé de la plaine alluviale du Gaudre du Mas Neuf à l'aval de RD 17

Sur le cône et dans les zones basses, les limites du champ d'inondation ne sont pas identifiées par des indices topographiques nets (talus) qui permettraient de tracer un contour précis de la zone inondable. Ainsi ces limites sont-elles représentées en pointillés dans la restitution cartographique de la photo-interprétation géomorphologique, pour représenter leur précision relative (à quelques mètres près).

3.3.1.2 Gaudre du Vallat

Le Gaudre du Vallat, avec un bassin versant beaucoup plus limité que ceux décrits précédemment est localisé à l'Est de Mouriès. Il prend sa source au niveau du Golf de Servanne.

Son lit majeur est assez réduit dans sa zone la plus pentue (Nord de la RD 17). Après ce point, le lit majeur se développe largement, notamment en rive droite, et se confond avec celui du Mas Neuf

3.3.1.3 Bief du Cimetière – Lambert

Ces deux drains collectent les eaux pluviales et les excès d'irrigations de la zone nord de Mouriès. Ils confluent dans le village. A plusieurs endroits et sur des distances pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres, ces cours d'eau sont couverts.

Les lits majeurs dans la zone urbanisée sont difficilement précisément identifiables, notamment par l'absence de relief marqué et par le fait que ces cours d'eau sont très artificialisés. Ils ne possèdent pas de lits naturels, les nombreux virages à angle droits qu'ils effectuent sont là pour le rappeler.

A l'aval du CD n°17, le cours d'eau a vraisemblablement été déplacé de quelques dizaines de mètres vers l'ouest avant de retrouver son cours.

¹ Accumulation en éventail des matériaux transportés par le cours d'eau lors des crues

Pour ces cours d'eau, l'approche hydrogéomorphologique n'a pas vraiment de sens, notamment pour le Lambert.

3.3.2 *Les aménagements hydrauliques*

L'influence des aménagements concernant les Gaudres à l'aval du CD n°17 a été décrite ci-avant.

Les autres aménagements hydrauliques ayant une influence dans l'extension et l'écoulement des crues dans le lit majeur sont les fossés de drainage, d'irrigation et d'assainissement routier. L'ensemble de ce réseau reprend les eaux de débordement, les canalise, contribue de manière importante au ressuyage, et limite ainsi l'extension des débordements dans la zone inondable.

3.4 **Conclusion**

L'analyse géomorphologique par photo-interprétation stéréoscopique effectuée sur les Gaudres et affluents, a permis de délimiter le lit majeur géomorphologique, c'est à dire le champ d'inondation naturel des crues rares à exceptionnelles, sur une partie de leur cours.

Toutefois, à l'aval du CD n°17, l'approche géomorphologique n'a pu déterminer avec précision la limite externe de la zone inondable des Gaudres en raison de la configuration en toit du lit majeur et du manque d'indice topographique. Cette zone est malgré tout fortement exposée à l'aléa inondation. Il faudra donc tenir compte de ce phénomène dans la planification du développement urbain de la commune.

Il est à noter que les aménagements (ponts, seuils, remblais routiers, endiguement...) et les opérations de recalibrage touchant le lit mineur des cours d'eau peuvent modifier profondément leur fonctionnement hydraulique par rapport « à l'état initial ».

Par conséquent les champs d'inondations réels peuvent être différents de ceux déterminés précédemment et les mécanismes d'inondation modifiés.

La cartographie de l'approche hydrogéomorphologique est présentée planche Hors Texte n°3.

4 ETUDE HYDRAULIQUE

4.1 Méthodologie

4.1.1 *Modèle et données utilisées*

Le calcul des lignes d'eau est réalisé par la mise en œuvre du modèle unidimensionnel, HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System). Ce code de calcul a été développé par la cellule hydrologique de l'US Army Corps of Engineers (USA).

Sa finalité est de modéliser les écoulements en régime permanent, rapidement ou graduellement varié en prenant en compte :

- des écoulements en régime fluvial ou torrentiel,
 - des écoulements noyés ou dénoyés sur les seuils et déversoirs,
 - le franchissement d'ouvrages de traversée,
 - les pertes de charge singulière.
- les calculs sont conduits en considérant des conditions normales d'écoulement ;
l'hypothèse de formation d'embâcles n'est donc pas retenue.

Les données utilisées sont :

- les profils en travers des lits mineur et majeurs des différents cours d'eau étudiés levés par les géomètres du cabinet Roubeix-Bottraud.
- le levé des ouvrages et des seuils jalonnant les cours d'eau,
- la reconnaissance des berges, des lits mineur et majeurs, permettant d'estimer les coefficients de rugosité nécessaires à la caractérisation et à la modélisation des écoulements.

4.1.2 *Géométrie et coefficient de rugosité*

4.1.2.1 Géométrie du cours d'eau

La géométrie du cours d'eau est définie par son profil en long et les différents profils en travers levés sur le terrain. Les profils en travers sont repérés par leur pK, le zéro étant choisi aux profils les plus aval sur les rivières modélisées.

Il est important de souligner que les profils en travers sont souvent assez variables pour un même secteur.

Les profils qui ont été levés sont des profils types relativement représentatifs des tronçons, même si localement ils peuvent éviter des élargissements ou rétrécissements importants. Par conséquent on ne pourra parler que de capacité "globalement" insuffisante sur un tronçon donné, au regard d'une période de retour.

4.1.2.2 Rugosité

La grande difficulté du calcul de capacité réside dans la détermination du coefficient de rugosité appelé coefficient de Strickler K.

En l'absence de mesures hauteur d'eau/débit ou de repères de crue historique, le coefficient de Strickler est estimé à partir des observations du lit et des berges qui intègrent la rugosité des matériaux constitutifs ainsi que l'encombrement par la végétation.

On note un encombrement important des lits mineurs et des berges des ruisseaux. La végétation a colonisé en de nombreux endroits le cours d'eau et des arbres entravent le libre écoulement de l'eau. Par ailleurs, certains ouvrages sont partiellement obstrués par des vestiges de crues antérieures. En conséquence, le coefficient de Strickler retenu en lit mineur sera compris entre 15 et 25, la valeur supérieure étant retenue dans les secteurs entretenus du Lambert. En lit majeur, nous retiendrons un coefficient de Strickler égal à 10.

Il est primordial de noter que l'encombrement du cours favorisera la formation d'embâcle sous les ouvrages. Ce phénomène, non maîtrisable, n'a pas été pris en compte dans la modélisation ni dans le zonage dans la mesure où il est aléatoire.

Il faut cependant conserver en mémoire ce type d'éventualité, qui constitue un facteur aggravant de l'écoulement des crues.

4.1.3 *Méthodologie pour la modélisation des écoulements*

Le Gaudres présentent un linéaire qui se divise en deux tronçons homogènes :

- un tronçon amont présentant une morphologie encaissée,
- un tronçon aval endigué à lit mineur "perché" à l'aval du CD17. Les lits majeurs rive droite et rive gauche de niveau inférieur au fil d'eau des Gaudres. Cette particularité physique impose une modélisation en plusieurs temps :
 - détermination de la capacité du cours d'eau et des zones de débordement préférentielles par modélisation mathématique des écoulements en lit mineur indépendamment du lit majeur et des possibilités d'expansion des crues,
 - modélisation en régime permanent en lits mineur et majeur associés sur les secteurs non endigués,
 - modélisation simplifiée en lit majeur séparé, après détermination des débits de transit sur les secteurs endigués lorsqu'il n'y a pas possibilité pour les écoulements débordants de rejoindre le cours d'eau. Cette modélisation s'accompagne d'une analyse stéréoscopique fine.

Le principal problème a été d'estimer la fraction de débit qui débordait réellement.

L'approche a été itérative en supposant que la digue située en rive droite représentait un déversoir latéral dont le comportement peut être approché par la formule de Domiguez suivante :

$$Q = \varphi \mu l \sqrt{2g} h_0^{\frac{3}{2}}$$

φ et μ : coefficients dépendant de la hauteur d'eau sur le déversoir
h₀ : hauteur d'eau à l'amont du déversoir en m
l : longueur du déversoir en m
Q : débit en m³/s

Les longueurs de débordement sont estimées, car la végétation souvent dense (cannes de Provence) ne permet pas d'accéder en tout point de la berge.

4.1.4 Crues de référence

Conformément au cahier des charges, la modélisation hydraulique sera réalisée sur la base des débits de crue décennaux et centennaux.

L'approche hydrologique précédente (cf. §2.4) a permis de déterminer pour chaque bassin et sous bassin versant, pour une occurrence donnée, son débit de pointe propre.

Il est utile de rappeler le cumul des débits générés par les sous bassins versants pour une occurrence donneraient, à l'exutoire du bassin versant total, un débit de pointe d'une période de retour supérieure.

Dans la pratique, le débit de référence à l'exutoire d'un bassin versant a été conservé et les débits aux nœuds intermédiaires ont été calculés au prorata de la superficie drainée.

Débits intermédiaires / Lambert – Bief du Cimetière	n°	Surface	Q10 modélisation	Q100 modélisation
	Nœud	km ²	m ³ /s	m ³ /s
Bief cimetière	3	0.79	2.0	10.1
Lambert amont	3	0.74	1.9	9.4
Lambert amont	4	1.06	2.7	13.5
Lambert amont partiel	4	0.32	0.8	4.1
Lambert	4	1.85	4.7	23.6
Mas de Brau	2	0.22	0.6	2.8
Bassin versant intermédiaire	2	0.1	0.3	1.3
Lambert confluence sans Mas de Brau	2	1.95	5.0	24.9
Lambert confluence	2	2.17	5.5	27.7
Cimetière NE	5	0.36	0.9	4.9
Cimetière NO	6	0.07	0.17	0.8

Débits intermédiaires / Gaudre du Destet – du Mas Neuf	n°	Surface	Q10 modélisation	Q100 modélisation
	Nœud	km ²	m ³ /s	m ³ /s

Gaudre D'Aureille	1	14.1	8.5	42.5
Gaudre du Destet	1	15.1	9.2	45.5
Mas neuf	1bis	30.1	18.3	91
BV Sud	8	1.8	1	5
BV sud ouest(1/2)	7	2.4	1	7

4.2 Le Gaudre du Destet / du Mas Neuf

4.2.1 Mémoires de crues

L'enquête réalisée auprès des riverains, des élus et de l'ancien président de l'ASA du Gaudre du Mas Neuf (Mr Maistre) a permis de dater les crues d'importance de ce cours d'eau. La mémoire collective concernant les inondations ne dépasse pas 1 siècle mais 3 crues ont cependant marqué les esprits.

Amont du CD n°17

La crue de 1933 semble être la plus importante : Entre le chemin empruntant l'ancienne voie ferrée et le CD n°17, le Gaudre est sorti inondant la quasi-intégralité des champs situés au niveau de la confluence des Gaudres du Destet et d'Aureille. Le centre ville, plus ramassé qu'actuellement, a recueilli une partie des eaux.

La crue de 1963 a provoqué l'inondation de la partie du centre ville située en aval du CD n°17. Le flot arrivant par la rue principale (CD n°17) et par la rue des arènes a submergé le Bas Mouriès sous 40 cm d'eau. Il est à noter qu'à l'époque, les écoulements ont rencontré peu d'obstacles, l'urbanisation étant beaucoup moins importante qu'actuellement dans ce secteur.

La présence de martelières aux droits des anciennes maisons du village, d'une hauteur allant de 50 cm jusqu'à 1m par rapport à la chaussée du CD n°17, est vraisemblablement une conséquence d'une de ces crues.

Plus récemment, le 21/10/1999, le Gaudre a de nouveau débordé au niveau de la confluence des Gaudres du Destet et d'Aureille. Les lotissements et maisons construites le long de la route des oliviers ont été inondées. Au niveau des champs, une hauteur d'eau d'1.2m a été enregistrée dans les serres les plus au Sud provoquant la perte de la récolte.

Aval du CD n°17

La zone aval du CD n°17 est une zone de plaine peu urbanisée. Peu de témoignages ont été recueillis sur cette zone si ce n'est au niveau du Mas de Barrelet situé à proximité immédiate du Gaudre, dans un secteur où la section d'écoulement et de l'ouvrage OH n°16 est relativement limitante.

Le propriétaire du Mas ne relate pas d'observation fréquente de dysfonctionnement même si en 1963, la route était submergée sous plus d'1 m d'eau. D'autre part, la cour du Mas est ceinturée par des murs et sa porte d'entrée porte les rainures permettant la mise en place d'une martelière d'une hauteur supérieure à 1 m, le pas de la porte étant situé lui-même plusieurs dizaines de cm au-dessus du niveau de la route.

4.2.2 Capacité des cours d'eau et des ouvrages

4.2.2.1 Le cours d'eau

La capacité de ce Gaudre permet le transit du débit décennal à l'amont comme à l'aval du Pont du CD n°17, excepté un débordement au niveau du profil P26 et à l'aval du secteur étudié.

A l'aval de l'ouvrage de franchissement par le CD n°17, le Gaudre est endigué et est sujet à des débordements à partir de débits de l'ordre de 35 m³/s à 40 m³/s, voire moindres plus à l'aval.

Il est à noter que la pente moyenne diminue à l'aval de la RD 17 réduisant, à sections comparables, les capacités hydrauliques du lit. (pente 1% amont CD n°17 ; pente 0.7% aval CD n°17 ; pente 0.4% amont CD n°24)

4.2.2.2 Les ouvrages

Cinq ouvrages ont été répertoriés sur le linéaire étudié :

Ouvrage	Type	Nombre	Pente	Capacité (m ³ /s)	Période de retour (an)
OH13	Pont arche	1	1%	21	25 ans
OH14	Pont arche	1	1%	30	50 ans
OH15	Pont rectangulaire / 6 travées	1	1%	35	<25 ans
OH16	Pont rectangle	1	0.5%	10	<10 ans
OH17a	Pont cadre	1	0.5%	50	< 50 ans (*)
OH17b	Pont cadre	1	0.5%	50	< 50 ans (*)

La capacité de ces ouvrages a été calculée en faisant l'hypothèse d'un écoulement à surface libre par utilisation de la formule de Strickler. Le transit d'un débit de crue supérieure à cette capacité ou d'un conditionnement de la ligne d'eau par l'aval (écoulement noyé) peuvent provoquer la mise en charge des ouvrages et modifier leur capacité intrinsèque.

(*) En réalité ces ouvrages ne provoquent pas d'obstacle aux écoulements quelle que soit la période de retour de l'écoulement, car le débit pouvant arriver au droit de ces ouvrages est limité par des débordements à l'amont et les berges du Gaudre, perchées, empêchent tout retour des écoulements vers le lit mineur à l'amont de ces ouvrages.

4.2.3 *Crue décennale*

La modélisation de la crue décennale a été réalisée par utilisation du modèle mathématique des écoulements en régime permanent, dans la mesure où cette crue n'est pas débordante excepté à l'aval du linéaire étudié. Les caractéristiques de l'écoulement distinct ont été déterminées en réalisant une modélisation séparée. Les résultats de la crue décennale sont donnés dans le tableau ci-joint.

Écoulement principal :

Profil	Numérotation modélisation	Débit	Z fond	Z eau (*)	Vitesse moyenne lit mineur	Surface mouillée	Largeur miroir	Froude	Autres écoulements distincts
		(m3/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)		
	22	9.2	35.25	36.88	1.0	9.3	9.6	0.3	
	21.5	Bridge							
	21	9.2	34.95	36.63	1.0	9.3	9.1	0.3	
P21	20	9.2	34.73	36.13	2.9	3.4	4.4	0.9	
P22	19	9.2	32.95	34.39	2.1	4.4	4.1	0.7	
	18.7	9.2	33.26	34.13	2.9	3.2	4.0	1.0	
	18.5	Bridge							
	18.3	9.2	33.19	34.09	2.8	3.3	4.0	1.0	
P23	18	9.2	32.71	34.03	2.6	3.6	5.6	1.0	
P24	17	9.2	29.2	30.83	1.2	19.1	70.0	0.4	
P25	16	17.8	26.96	28.52	2.8	10.3	16.9	0.8	
P26	15	17.8	24.98	26.38	1.1	60.4	238.0	0.4	
P27	14	17.8	23.12	25.25	2.0	15.5	13.9	0.5	Débordement RD ramené au Gaudre par le chemin des Oliviers
P28	13	18.3	20.38	22.4	2.8	8.5	14.1	0.8	
P29	12	18.3	19.24	20.84	3.4	8.3	9.5	0.9	
	11.7	18.3	19.43	20.86	0.9	19.6	18.0	0.3	
	11.5	Bridge							
	11.3	18.3	19.43	20.62	1.2	15.5	17.0	0.4	
P30	11	18.3	18.06	20.58	1.5	18.2	12.5	0.3	
P31	10	18.3	16.98	18.58	2.9	6.3	5.6	0.9	
P32	9	18.3	14.59	17.86	1.4	12.9	8.1	0.3	
P33	8	18.3	14.65	17.07	1.9	9.6	6.8	0.5	
P34	7	18.3	12.42	15.62	1.7	11.0	5.4	0.4	
P35	6	18.3	11.06	13.31	1.7	10.9	7.6	0.5	
	5.7	19.3	10.2	13.38	0.9	31.0	179.5	0.2	
	5.5	Bridge							
	5.3	19.3	10.2	12.65	1.4	14.0	9.3	0.4	
P36	5	19.3	10.2	12.65	1.2	15.7	10.5	0.3	
P37	4	19.3	8.6	11.34	1.9	10.7	9.4	0.5	
P38	3	12.5	7.35	9.7	1.3	9.9	8.2	0.3	RD
P39	2	12.5	6.32	8.37	1.5	9.2	9.9	0.4	RD
P40	1.1	12.5	5.78	7.28	1.4	9.1	8.4	0.4	RD
	1	12.5	5.81	7.28	1.1	11.6	9.2	0.3	
	0.5	Bridge							
	0	12.5	5.78	7.18	1.1	11.0	9.1	0.3	

(*) Cote eau écoulement principal

Écoulements secondaires

Profil	Numérotation modélisation	Rive Droite		
		Débit	Vitesse moyenne lit majeur	Cote/ Hauteur d'eau
		(m ³ /s)	(m/s)	(m NGF/m)
P38	3	6.8	< 0.5	< 0.5
P39	2	6.8	< 0.5	< 0.5
P40	1.1	6.8	< 0.5	< 0.5

4.2.4 Crue centennale

Profil	Numérotation modélisation	Débit	Z fond	Z eau (*)	Vitesse moyenne lit mineur	Surface mouillée	Largeur miroir	Froude	Autres écoulements distincts	
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)		RG	RD
	22	45.5	35.25	38.73	1.2	64.7	68.5	0.2		
	21.5	Bridge								
	21	45.5	34.95	37.7	2.1	23.9	24.3	0.5		
P21	20	45.5	34.73	37.55	3.2	37.1	68.6	0.7		
P22	19	33	32.95	37.28	0.4	194.4	121.2	0.1		<u>-12.5 **=></u> <u>CV</u>
	18.7	33	33.26	36.99	2.3	14.5	5.4	0.4		
	18.5	Bridge								
	18.3	33	33.19	35.17	4.3	7.6	4.0	1.0		
P23	18	33	32.71	34.53	5.2	6.9	8.1	1.6		
P24	17	33	29.2	31.24	1.5	68.3	183.5	0.4		
P25	16	75.5	26.96	29.9	2.8	124.7	286.5	0.5		
P26	15	75.5	24.98	26.85	1.0	228.1	404.5	0.3		
P27	14	40	23.12	25.34	4.2	16.7	14.1	1.0		-25.5 Champ
P28	13	67.5	20.38	23.16	1.3	91.8	91.4	0.3		<u>-11** =></u> <u>lotissement</u>
P29	12	55	19.24	22.11	4.0	30.4	29.5	0.8	-1.5	<u>-11** => CV</u>
	11.7	45	19.43	22.07	1.0	48.6	33.5	0.2	-5	-5 => Moulin
	11.5	Bridge							-	-
	11.3	42	19.43	21.8	1.1	39.6	32.9	0.3	-3	-
P30	11	42	18.06	21.71	2.0	35.2	19.8	0.4	-	-
P31	10	42	16.98	19.3	3.9	10.8	7.1	1.0	-	-
P32	9	26	14.59	18.31	1.6	17.5	10.7	0.3	-	-16 => ferme
P33	8	26	14.65	17.57	2.0	13.3	7.9	0.5	-	-
P34	7	26	12.42	15.96	2.0	12.9	5.8	0.4	-	-
P35	6	26	11.06	14.06	1.5	17.5	12.0	0.4	-	-
	5.7	64.5	10.2	14.05	1.7	139.0	406.5	0.3	Retour écoulements +apport (BVI 8 m ³ /s)	
	5.5	Bridge								
	5.3	64.5	10.2	13.35	3.0	27.9	155.9	0.7		
P36	5	50	10.2	13.47	2.0	25.6	14.0	0.4		-14.5
P37	4	30	8.6	11.7	2.4	14.2	10.3	0.5		-20
P38	3	12.5	7.35	9.7	1.3	9.9	8.2	0.3		-17.5
P39	2	12.5	6.32	8.37	1.5	9.2	9.9	0.4		-

Profil	Numérotation modélisation	Débit	Z fond	Z eau (*)	Vitesse moyenne lit mineur	Surface mouillée	Largeur miroir	Froude	Autres écoulements distincts	
		(m3/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)		RG	RD
P40	1.1	12.5	5.78	7.28	1.4	9.1	8.4	0.4		-
	1	12.5	5.81	7.28	1.1	11.6	9.2	0.3		-
	0.5	Bridge								-
	0	12.5	5.78	7.18	1.1	11.0	9.1	0.3		-

(*) Cote eau écoulement principal

(**) Ecoulement totalement séparé de l'écoulement principal. Aucun retour possible en lit mineur.

Écoulements secondaires

Profil	Numérotation modélisation	Rive Gauche			Rive Droite		
		Débit	Vitesse moyenne lit majeur	Hauteur d'eau	Débit	Vitesse moyenne lit majeur	Cote / Hauteur
		(m3/s)	(m/s)	(m)	(m3/s)	(m/s)	(m NGF/m)
P31		9.5	< 0.5*	< 0.5	16	<0.5	< 0.5
P32		9.5	< 0.5*	< 0.5	16	<0.5	< 0.5
P34	7	9.5	< 0.5*	< 0.5	16	< 0.5	< 0.5
P37	4				34.5	< 0.5	10.41 / 1m
P38	3				86	< 0.5	7.87 / 47 cm max
P39	2				86	< 0.5	6.12 / 70 cm max
P40	1.1				86	< 0.5	5.77 / 70 cm max

(*) excepté sur les axes principaux d'écoulements (chemin)

a) Entre les ouvrages hydrauliques n°13 et n°14

Le pont OH 13 ne permet pas le transit intégral du débit centennal. L'ouvrage passe donc en charge et un déversement de produit sur la chaussée. La route formant une cuvette au droit de l'ouvrage, l'écoulement reste concentré retrouve le lit du cours d'eau à l'aval du pont.

L'ouvrage OH14 à une capacité elle aussi insuffisante pour ce type de débit. A la différence de la configuration précédente, le pont ne peut passer en charge sans qu'un déversement latéral en rive droite ne subvienne. La plate-forme routière, autrefois voie ferrée, constituant un obstacle en lit majeur rive droite, un écoulement se développe. Le débit de débordement, estimé à 12.5 m3/s, emprunte alors le talweg peu marqué en direction de la partie nord du Chemin des Oliviers.

Compte tenu de l'horizontalité du champ à son extrémité, l'écoulement se sépare en deux parties :

- L'une emprunte l'avenue Vianès, en direction du centre ville, (6 m3/s)

- L'autre partie de l'écoulement (6.5 m³/s) suit la route des oliviers vers le Nord et rattrape le CD n°24.

Bien que les principaux axes d'écoulement se situent sur les voiries, les jardins situés à l'Est du Chemin des Oliviers et de part et d'autre de l'avenue Vianès risquent l'inondation pour ce type d'événement, centennal.

b) Entre les ouvrages hydrauliques n°14 et n°15 (Pont du CD n°17)

Entre ces deux ouvrages, les deux gaudres confluent doublant par la même le débit. Des débordements importants se produisent donc dès le profil P24 en rive droite.

La pente naturelle du lit majeur tend à envoyer les eaux de débordement en direction du centre ville de Mouriès. (Ce phénomène a déjà été observé lors des crues d'importance).

Une partie du débit, estimée à 11 m³/s, passe donc à travers les lotissements récents. La hauteur d'eau en amont du pont est d'1 mètre environ au droit des murs de clôture dans la partie la plus rétrécie.

Le pont du CD n°17 a une capacité insuffisante pour assurer le transit du débit centennal, même compte tenu des pertes amont en rive droite (-12.5 m³/s et -11 m³/s). A l'amont immédiat du pont, il est estimé qu'un écoulement de 11 m³/s emprunte le CD n°17 en direction du centre ville et que 1.5 m³/s déverse en rive gauche.

Le parapet du pont, s'il résiste n'est pas submergé et donc renvoie l'écoulement de part et d'autre. Ainsi, il est estimé que 5 m³/s emprunte la rue du moulin à huile en rive droite et que 5 m³/s se déversent en rive gauche en direction du chemin menant au Mas de Sabran et longeant le Gaudre à l'aval du CD n°17.

c) Entre les ouvrages hydrauliques n°15 et n°16 (Pont du Mas de Barrelet)

A l'aval du pont du CD n°17, le débit restant dans le lit du Gaudre est 45 m³/s. Un léger déversement se produit en rive gauche, alors endiguée. Le débit se déversant sur le chemin longeant la digue est estimé à 3 m³/s.

Au niveau du profil P32, la capacité du Gaudre diminue sensiblement, non pas que la section d'écoulement se réduise, mais la pente du fil d'eau est nulle voire négative. Un déversement de 16 m³/s se produit donc en rive droite en direction de la ferme avicole.

Une partie du débit doit retourner aux roubines d'irrigation (le secteur est quadrillé par plusieurs drains).

Excepté ces roubines servant à l'irrigation et pouvant à l'occasion recueillir une partie des eaux de débordement, aucun talweg marqué ne permet de concentrer le débit débordant. Il a donc été supposé que l'écoulement se faisait en nappe avec des hauteurs d'eau et des vitesses en moyenne faible, bien que localement (notamment sur les chemins de desserte) ces paramètres soient plus importants.

d) Pont du Mas de Barrelet (ouvrage hydraulique n°16)

Au niveau de ce pont, le Gaudre n'est plus endigué. Les écoulements transitant par les lits majeurs rives droite et gauche peuvent donc rejoindre à l'écoulement principal. A ces débits viennent s'ajouter les eaux de ruissellement générées par le bassin versant intermédiaire (8 m³/s), collectées en rive gauche par un canal d'irrigation

Le franchissement du pont nécessite sa submersion étant donné sa faible capacité. La lame d'eau peut dépasser 90 cm en crue centennale.

En rive gauche, à l'aval de la route, la présence d'un mur empêche qu'une partie des écoulements passe par le lit majeur Gauche.

Le flot, hormis une partie qui rejoint directement le lit du Gaudre à l'aval de l'ouvrage, est dirigé vers le chemin des Poissonniers et le lit majeur situé en rive droite.

e) Entre les ouvrages hydrauliques n°16 et n°17 (Pont CD n°78a)

Entre ces ouvrages, la capacité du Gaudre, à nouveau endigué et perché, diminue de l'amont vers l'aval. Des débordements importants se produisent en rive droite (20 m³/s entre P36 et P37 ; 17 m³/s entre P37 et P38). Au droit du pont du CD n°78a, le débit dans le lit mineur n'est plus que de 12.5 m³/s alors qu'un écoulement secondaire s'est largement développé en rive droite, inondant une grande partie de la plaine (ancien marais).

Entre les profils P38 et P39, l'écoulement secondaire provenant des débordements du Gaudre à l'aval du pont du Mas de Barrelet est rejoint par l'écoulement généré par les débordements situés à l'amont du pont du CD n°17 et qui ont transité par le centre ville de Mouriès.

Le débit total en lit majeur rive gauche est estimé à 86 m³/s sur une largeur pouvant atteindre 700 m.

Les hauteurs d'eau peuvent dépasser localement 70 cm mais les vitesses restent inférieures à 0.5 m/s, mis à part au niveau des principaux axes d'écoulement (voirie, roubines, fossés).

f) Transit des écoulements par le centre ville de Mouriès

Comme précédemment relaté §a et b, à l'amont du CD n°17, plusieurs écoulements significatifs se séparent de l'écoulement principal et se dirigent vers le centre ville de la commune.

Schématiquement :

- **12.5 m³/s** passent par les voiries nord de l'agglomération. 6 m³/s se dirigent vers le CD n°17 en passant par la rue des arènes, les 6.5 m³/s complémentaires rejoignent le Lambert et transitent par le Boulodrome avant de rejoindre le CD n°17 par le Cours.
- **11 m³/s** franchissent le chemin des Oliviers et inondent les lotissements sous une trentaine de cm d'eau **en moyenne**. Cet écoulement rejoint la rue des arènes et le CD n°17.
- **11 m³/s** suivent le CD n°17 à partir du pont en direction du centre ville.

Bien que les voiries concentrent la majorité des écoulements que l'on peut qualifier de dynamiques, les maisons et jardins riverains sont potentiellement inondables ou l'ont déjà été. Les vitesses d'écoulement hors des axes principaux d'écoulement sont faibles ou nulles mais les hauteurs d'eau peuvent approcher les 50 cm voire plus localement.

La présence de martelières dans le centre ville de Mouriès confirme cette éventualité. D'autre part, l'arrivée des débits de débordement du Gaudre par les arènes a déjà été observée lors des crues passées.

Enfin, lors de la crue de 1963, tout le bas Mouriès était sous 40 cm d'eau.

L'évacuation des eaux du centre ville soit 34.5 m³/s au total se fait vers le sud (pente naturelle des terrains) à chaque fois que l'eau peut trouver son chemin. Les principaux axes d'écoulements sont le CD n°24 et le chemin menant au cimetière Sud, mais la plupart des terrains situées au Sud du CD n°17 sont susceptibles d'être submergés.

Une concentration partielle des écoulements du centre ville semble néanmoins se faire au niveau du croisement de l'Oratoire, étant donné la pente et la configuration des voiries arrivant dans ce secteur.

Il est à noter que l'estimation du cheminement des eaux en villes ainsi que leur répartition dans les différentes rues est difficile à estimer car dépendant beaucoup des conditions locales des écoulements au moment de la crue (portail ouvert ou fermé ; voitures en travers, embâcles diverses...).

Les conditions d'écoulements peuvent être modifiées au cours de la crue, ce qui rend aléatoire l'annonce de cotes et de vitesses.

Des ordres de grandeurs sont cependant donnés dans la planche Hors texte n°4 reprenant les mécanismes des débordements.

Une reconnaissance fine du terrain a donc été effectuée après la réalisation des modélisations. En fonction des débits estimés transitant dans les rues et des hauteurs d'eau associées, les jardins potentiellement inondables ont été relevés.

Il est à noter que par endroit, la présence de murs et de propriétés privées fermées a limité les possibilités d'investigation.

Les secteurs potentiellement inondables sont donc réalistes mais peuvent localement être discutés bien qu'il soit difficile d'estimer à priori le cheminement et la répartition des écoulements dans un secteur urbanisé depuis peu (quelques dizaines d'années voire mois). En effet les témoignages n'existent pas car aucun événement d'occurrence centennale, dans la configuration d'urbanisation actuelle, n'a jamais été observé.

Enfin, la présence de nombreuses roubines d'irrigations et de fossés, aussi bien à l'amont qu'à l'aval du CD n°17, permet un ressuyage rapide des secteurs inondés une fois la crue passée (excepté pour les quelques zones situées dans des cuvettes topographiques).

4.3 Le Gaudre du Vallat

4.3.1 *Capacité des cours d'eau et des ouvrages*

4.3.1.1 Le cours d'eau

La capacité de ce Gaudre décroît de l'amont vers l'aval. A l'aval de la RD 17, le cours d'eau est artificialisé et son lit est significativement réduit.

A l'amont du Mas de Bonnet, le lit, vraisemblablement recalibré a une capacité centennale. A l'approche du CD17, les dimensions du lit diminuent significativement pour ne ressembler plus qu'à un simple fossé routier à faible pente à l'aval.

Il est à noter qu'au niveau de l'hôtellerie du « Vallon de Gayet », le Gaudre du Vallat est entonné dans une buse Ø600 en acier sur une longueur de 75 m environ. Cette conduite débouche dans une partie canalisée en béton sur une vingtaine de mètres, avant que le cours d'eau ne retrouve son lit naturel, de section bien plus importante qu'à l'amont de l'hôtellerie.

Plus à l'aval, plusieurs ouvrages de faible capacité pour la plupart permettent le franchissement du cours d'eau.

4.3.1.2 Les ouvrages

Huit ouvrages ont été répertoriés sur le linéaire étudié :

Ouvrage	Type	Nombre	Pente	Capacité (m ³ /s)	Période de retour
OH1	½ buse Ø1000	1	1.4%	0.5	< 10 ans
OH1bis	buse Ø600 acier	1	1.5%	0.9	< 10 ans
OH2	buse Ø1200	1	3.75%	5	> 25 ans
OH3	Ponceau cadre	1	3.4%	2.5	> 10 ans
OH4	Ponceau cadre	1	0.6%	0.76	< 10 ans
OH5a	Ponceau cadre	1	1.9%	2.8	> 10 ans
OH5b	buse Ø600	1	-5.3%	0.42*	< 10 ans
OH6a	Ponceau cadre	1	1%	0.87	< 10 ans
OH6b	buse Ø500	1	2.3%	0.41	< 10 ans
OH7	Ponceau cadre	1	-0.6%	0.45	< 10 ans
OH8	buse Ø500	1	7.1%	0.72	< 10 ans

(*) fonctionnement en charge

La capacité de ces ouvrages a été calculée en faisant l'hypothèse d'un écoulement à surface libre par utilisation de la formule de Strickler. Le transit d'un débit de crue supérieure à cette capacité ou d'un conditionnement de la ligne d'eau par l'aval (écoulement noyé) peuvent provoquer la mise en charge des ouvrages et modifier leur capacité intrinsèque.

4.3.2 Crue décennale

La modélisation de la crue décennale a été réalisée uniquement par utilisation du modèle mathématique des écoulements en régime permanent dans la mesure où cette crue n'engendre pas d'écoulement distinct du principal excepté à l'aval du tronçon étudié (profil P9, débordement en rive droite).

Les résultats de la crue décennale sont donnés dans le tableau ci-joint.

Profil	Numérotation modélisation	Débit	Z fond	Z eau	Vitesse moyenne lit mineur	Surface mouillée	Largeur miroir	Froude
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
P1	10	2.1	32.57	33.36	1.3	1.6	2.8	0.6
	9.3	2.1	29.7	31.29	0.9	3.0	28.3	0.2
	9.1	Culvert						
P2	9	2.1	28.58	29.54	2.8	0.8	0.8	0.9
	8.7	2.1	27.58	28.98	1.9	1.1	0.8	0.5
	8.65	Culvert						
P3	8.6	2.1	27.52	28.32	1.4	1.6	3.2	0.6
	8	2.1	24.44	25.08	2.0	1.1	2.7	1.0
	7.7	2.1	21.02	22.34	0.6	3.6	4.7	0.2
P4	7.5	Culvert						
	7.3	2.1	20.85	21.57	2.1	1.0	2.1	1.0
	7	2.1	19.67	20.48	1.8	1.2	2.3	0.8
P5	6	2.1	17.89	18.75	1.6	1.4	2.5	0.7
P6	5	2.1	12.87	13.68	1.4	1.7	7.7	0.6
P7	4	2.1	10.86	11.54	2.1	1.0	2.2	1.0
	3.7	2.1	11.61	11.64	1.4	1.5	60.1	2.9
	3.5	2.1	11.11	11.23	0.3	7.2	113.9	0.4
P8	3	2.1	10.04	11.08	1.6	1.3	2.0	0.6
P9	2	1.2	5.86	6.66	1.0	1.4	6.3	0.4
P10	1	1.2	4.23	5.04	0.8	1.5	2.3	0.3

Des débordements subviennent au niveau de l'hôtellerie du «Vallon de Gayet ». Les hauteurs d'eau dans la cour sont faibles (<20 cm) et les vitesses restent modérées (<0.7 m/s).

Des dysfonctionnements localisés peuvent aussi apparaître au niveau des ouvrages sous dimensionnés (OH4 à OH11), mais sur le linéaire étudié, excepté à l'extrême aval, la capacité du lit reste suffisante pour assurer le transit du débit décennal.

Les ouvrages sous le CD n°17 ont une capacité insuffisante pour assurer le transit de ce type de débit. Un déversement se produit donc sur la route.

La lame d'eau reste cependant faible étant donné le débit débordant 1.5 m³/s environ et la largeur disponible.

4.3.3 Crue centennale

Écoulement principal :

Profil	Numérotation modélisation	Débit	Z fond	Z eau (*)	Vitesse moyenne lit mineur	Surface mouillée	Largeur miroir	Froude	Autres écoulements distincts
		(m3/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)		
P1	10	10.5	32.57	33.94	3.0	3.5	3.7	1.0	
	9.3	10.5	29.7	31.54	0.7	11.4	37.5	0.2	
	9.1	Culvert							
P2	9	10.5	28.58	30.34	2.0	8.2	34.3	0.5	
	8.7	10.5	27.58	29.17	3.9	5.1	43.3	1.0	
	8.65	Culvert							
P3	8	10.5	24.44	25.79	2.8	3.8	4.8	1.0	
	7.7	9	21.02	22.84	1.4	8.2	28.8	0.4	
	7.5	Culvert							
P4	7	9	20.85	22.31	2.9	3.1	3.7	1.0	RD
	7	9	19.67	21.09	3.1	3.0	3.7	1.1	RD
	7.3	9	20.85	22.31	2.9	3.1	3.7	1.0	RD
P5	6	4	17.89	19.06	1.8	2.9	9.5	0.6	RD
P6	5	3.5	12.87	13.8	1.8	2.9	12.6	0.7	RD
P7	4	10.5	10.86	11.85	2.0	15.8	81.9	0.8	
	3.7	10.5	11.61	11.7	1.8	5.9	94.9	2.3	
	3.5	10.5	11.11	11.56	0.2	64.2	195.0	0.1	
P8	3	10.5	10.04	11.33	1.6	5.3	13.8	0.6	RD
P9	2	4	5.86	6.58	0.8	4.0	8.2	0.3	RD
P10	1	4	4.23	5.25	0.9	4.3	6.7	0.3	RD

(*) Cote eau écoulement principal

Écoulements secondaires

Profil	Numérotation modélisation	Rive Droite		
		Débit	Vitesse moyenne lit majeur	Cote/ Hauteur d'eau
		(m3/s)	(m/s)	(m NGF)
	7.3	1.5		
P4	7	1.5	V<1 m/s	h<30 cm
P5	6	6.5	V<1 m/s localement >1 m/s	18.06 (h<50 cm)
P6	5	7	V<1 m/s	13.17 (h<40 cm)
P8	3	Faible	Faible	h < 20cm
P9	2	6	Faible	h < 20cm
P10	1	6	Faible	h < 20cm

Entre le CV n°10 et le CD n°17

A l'aval de la VC n°10, la capacité du lit mineur est importante car elle permet d'assurer le transit du débit centennal.

Au niveau de l'hôtellerie du « Vallon de Gayet », la section se réduit. A cela s'ajoute à l'entonnement du cours d'eau dans une conduite en acier Ø600 largement sous dimensionné. Les débordements au niveau de l'hôtellerie sont importants en crue centennale mais compte tenu des possibilités d'extension du champ d'inondation et de la faible rugosité du lit majeur, les hauteurs d'eau restent inférieures à 50 cm et la vitesse moyenne de l'écoulement en lit majeur s'approche d'1 m/s.

A l'amont du Mas de Bonnet, la capacité du cours d'eau redevient suffisante pour le transit de la crue centennale.

A partir de l'ouvrage OH2, où des débordements sont observés, la capacité du lit diminue sensiblement. Il est par ailleurs perché par rapport à la rive droite. Un écoulement distinct se développe donc sur cette rive du cours d'eau. Les débits débordants sont importants de 1.5 m³/s à 7 m³/s à l'amont du CD 17.

En lit majeur droit, les hauteurs d'eau maximales varient entre 30 et 50 cm et les vitesses sont comprises entre 0.5 m/s et 1 m/s excepté au niveau du talweg légèrement marqué où étant donné la concentration de l'écoulement, la vitesse dépasse 1 m/s.

Traversée du CD n°17

Le franchissement de la patte d'oie constituée par le CR n°6, le CR n° et le CD n°17 se fait par déversement de la partie la plus importante de l'écoulement sur la chaussée. Le point bas de la chaussée se situe à l'Ouest par rapport à l'axe du cours d'eau. L'écoulement va donc largement s'étaler.

Au niveau des habitations situées en rive gauche à l'aval du CD n°17, un bourrelet en terre bordant le CD n°17 empêche la submersion directe des terrains situés en léger contrebas.

Cependant, la présence d'une roubine perpendiculaire au CD n°17 et d'une entrée de propriété située face à la route de Fergoulas, crée des « brèches » significatives dans ce bourrelet, ce qui permet à une faible partie de l'écoulement, de transiter directement par ces ouvertures et de constituer un écoulement distinct en lit majeur Rive droite.

La hauteur d'eau au niveau du point bas de la rue est de 40 cm environ.

Elle est estimée à 30 cm en moyenne au niveau de l'axe principal d'écoulement. La vitesse est globalement inférieure à 1 m/s même si localement ce seuil peut être dépassé.

Il est à noter qu'une partie (faible) du débit peut être amenée à suivre le CD n°17 autant en direction du centre Ville de Mouriès que vers l'Ouest.

Ces écoulements séparés du principal se dirigeront d'une part vers le Mas de Jaquet et d'autre part vers le mas de Brau. Les débits rentrant en jeu, difficiles à estimer, ne devraient cependant pas être importants, l'essentiel du débit devant transiter par le CD n°78^A.

Aval du CD n°17

A l'aval du CD n°17, une partie de l'écoulement suit le lit, mais la majorité transite par la chaussée de l'embranchement du Mas de Brau et le fossé situé sur sa gauche en direction du Sud, dont la section est plus importante que celle du Gaudre du Vallat situé sur sa droite.

Entre le CD n°17 et le profil P9, un débordement se produit en direction du lit majeur rive droite, situé légèrement en contrebas de la route.

L'écoulement trouve une vaste zone d'expansion dont le ressuyage est assuré par de nombreuses roubines. Les hauteurs estimées sont relativement faibles de même que les vitesses.

4.4 Bief du Cimetière / Lambert

4.4.1 *Capacité des cours d'eau et des ouvrages*

4.4.1.1 Le cours d'eau

Entre le cimetière et la RD 17, le bief chemine entre les propriétés dans un lit artificialisé (recalibré de section trapézoïdale)

Le lit mineur est bien entretenu notamment à proximité immédiate des habitations.

En aval de l'ouvrage OH9, il reçoit les apports d'un canal qui, outre son rôle d'irrigation, collecte les eaux de la zone Nord Ouest du village

4.4.1.2 Les ouvrages

Quatre ouvrages ont été répertoriés sur le linéaire étudié :

Ouvrage	Type	Nombre	Pente	Capacité (m3/s)	Période de retour (an)
OH9	Buse Ø800	1	3.4%	1.7 m3/s	≈10 ans
OH10	Ponceau cadre	1	0.5%	5.6 m3/s	10 ans
OH11	Ponceau cadre	1	0.1%	3.6 m3/s	< 10 ans
OH12	Buse Ø1400	1	0.15%	1.6 m3/s	< 10 ans

La capacité de ces ouvrages a été calculée en faisant l'hypothèse d'un écoulement à surface libre par utilisation de la formule de Strickler. Le transit d'un débit de crue supérieure à cette capacité ou d'un conditionnement de la ligne d'eau par l'aval (écoulement noyé) peuvent provoquer la mise en charge des ouvrages et modifier leur capacité intrinsèque.

A l'amont du secteur modélisé, des ouvrages de section limitantes ont été relevés. L'excédent de débit ne retournant pas directement au cours d'eau, une étude simplifiée a été réalisée afin d'estimer :

- d'une part, la fraction de débit ne retournant pas au ruisseau
- d'autre part, le cheminement de ce débit dans les rues.

Ouvrage	Nœud	Type	BV amont	Pente estimée	Capacité (m3/s)	Période de retour (an)
OH19 Ch. Servanne	5	Buse Ø800	Cimetière NE	1%	1m3/s	>10 ans

Ouvrage	Nœud	Type	BV amont	Pente estimée	Capacité (m3/s)	Période de retour (an)
OH19' Ch. Servanne	5	Buse Ø400		5%	0.3 m3/s	<< 10 ans
OH20 Ch. Grenadiers	6	Buse Ø300 PVC	Cimetière NO	1%	0.12 m3/s	< 10 ans
OH21 Ch. Grenadiers		Buse Ø400 PVC	Chemin des Grenadiers	1%	0.25 m3/s	-
OH22 Av. F. Mistral	9	Buse Ø1000	Lambert	1%	2 m3/s	≈10 ans

Bassin versant Nord Ouest du Cimetière	
Crue décennale	0.17 m3/s
OH20	- 0.05 m3/s
Cheminement excédent	Chemin des Grenadiers
OH21	Reprise 0.05 m3/s vers cours d'eau
Crue centennale	0.8 m3/s
OH20	-0.68 m3/s
Cheminement excédent	Chemin des Grenadiers
OH21	Prise de 0.25 m3/s
Cheminement excédent	0.43 m3/s Chemin des Grenadiers

Bassin versant Nord Est du Cimetière	
Crue décennale	0.9 m3/s
OH19'	- 0.6 m3/s
Cheminement excédent	0.3 m3/s Chemin des Grenadiers 0.3 m3/s Rte de Servanne
OH21	Reprise 0.2 m3/s vers cours d'eau
Cheminement excédent	0.1 m3/s Chemin des Grenadiers 0.3 m3/s Rte de Servanne
Crue centennale	4.6 m3/s
OH19'	- 4.3 m3/s
Cheminement excédent	2.1 m3/s Chemin des Grenadiers 2.1 m3/s Rte de Servanne
OH21	Saturé

Bassin versant du Lambert	
Crue décennale	1.9 m3/s
OH22	Capacité suffisante
Crue centennale	9.4 m3/s
OH22	-7.4 m3/s
Cheminement excédent	3.7 m3/s vers centre ville (Cours) 3.7 m3/s vers cours d'eau (Av. F. Mistral)

Il est supposé que l'intégralité du débit généré par le bassin versant à l'amont du CD n°17 arrive au droit de l'ouvrage OH10. Cette hypothèse est la plus pessimiste car une partie du débit transitant par le centre ville peut emprunter la rue en direction de St Martin de Crau et

donc diminuer de quelques mètres cube par seconde les apports au niveau du lotissement « les Jardins d'Eole ».

Cependant hypothèse, bien que maximaliste concernant les écoulements, a été retenue afin de ne pas sous estimer les hauteurs et les vitesses dans le secteur du lotissement, particulièrement exposé.

4.4.2 Crue décennale

La modélisation de la crue décennale a été réalisée uniquement par utilisation du modèle mathématique des écoulements en régime permanent dans la mesure où cette crue ne provoque presque pas de débordements et les débits transitant dans les rues sont faibles (<0.5 m³/s).

Aucun des quatre ouvrages présent sur le linéaire étudié ne permet d'assurer le transit du débit décennal, mais les déversements sur les voiries restent limités. Les lames d'eau déversante sont de l'ordre d'une dizaine de cm.

Les résultats de la crue décennale sont donnés dans le tableau ci-joint.

<i>Profil</i>	<i>Numérotation modélisation</i>	<i>Débit</i>	<i>Z fond</i>	<i>Z eau</i>	<i>Vitesse moyenne lit mineur</i>	<i>Surface mouillée</i>	<i>Largeur miroir</i>	<i>Froude</i>
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
P11	11	1.7	12.11	12.66	2.0	0.8	2.0	1.0
P12	10	1.7	10.69	12.01	0.6	3.2	6.3	0.2
	9.7	1.7	10.44	12	0.5	4.3	26.8	0.2
	9.5	Culvert						
	9.3	3.6	10.1	11.43	1.7	2.2	2.2	0.5
P13	9	3.6	10.33	11.33	1.5	2.4	3.4	0.6
P14	8	3.6	9.69	11.03	1.0	5.2	24.1	0.3
	7.7	3.6	9.56	11.04	0.6	6.8	24.3	0.2
	7.5	Culvert						
	7.3	4.7	9.21	10.88	0.6	8.9	15.7	0.2
P15	7	4.7	9.21	10.79	1.3	5.9	25.7	0.5
P16	6	4.7	7.87	9	2.5	1.9	2.4	0.9
P17	5	4.7	6.64	8.21	0.9	5.6	23.1	0.3
	4.7	4.7	6.5	8.24	0.4	53.0	244.9	0.1
	4.5	Culvert						
	4.2	4.7	6.47	8.04	0.1	90.7	342.2	0.0
P18	4	4.85	6.47	8.04	0.2	88.0	318.1	0.1
P19	3	4.85	4.41	5.48	2.1	2.4	4.5	0.8
P20	2	5.5	3.16	5.44	0.6	33.6	179.4	0.2
	1.5	Culvert						
	1	5.5	3.16	4.95	1.5	3.8	3.2	0.4

4.4.3 Crue centennale

La modélisation de la crue centennale a fait l'objet de plus d'interprétation. En effet, les quatre ouvrages présents sur le tronçon modélisé ne permettent pas le transit d'une crue de type centennale.

Par conséquent des débordements sont observés entraînant des écoulements en lit majeur du cours d'eau. Excepté à dans la partie aval, la zone d'extension des crues est en partie urbanisée ce qui a rendu l'interprétation plus difficile.

Les principaux dysfonctionnement observés sont les suivants :

Ouvrage	Dysfonctionnement	Remarques
OH9	Déversement sur la voirie	1.2 m3/s suivent la route RD
OH9-OH10	Ecoulement en lit majeur RD	Inondation des maisons riveraines
OH10	Déversement sur la voirie	15 m3/s suivent la route
OH10-OH11	Ecoulement distinct étendu en lit majeur RD (13 m3/s) Ecoulement en lit majeur RG	Inondation du lotissement « les Jardins d'Eole » Inondation de la première rangée de maisons en rive Gauche
OH 11	Déversement sur la voirie	Submersion du lotissement à l'amont
OH11-OH12	Ecoulement important en lit majeur RD (8 m3/s) Ecoulement en lit majeur RG (4 m3/s puis 6 m3/s)	
OH12	Déversement sur la voirie	

Les résultats de la crue centennale sont donnés dans le tableau ci-joint.

Écoulement principal :

Profil	Numérotation modélisation	Débit	Z fond	Z eau	Vitesse moyenne lit mineur	Surface mouillée	Largeur miroir	Froude	Autres écoulements distincts
		(m3/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)		
P11	11	5.5	12.11	13.01	1.4	11.1	54.6	0.5	
P12	10	5.5	10.69	12.27	1.2	4.9	6.7	0.4	
	9.7	5.5	10.44	12.3	0.4	17.3	58.1	0.1	
	9.5	Culvert							
	9.3	11	10.1	12.26	0.9	12.6	29.4	0.2	
P13	9	11	10.33	11.67	3.0	3.7	4.4	1.0	
P14	8	11	9.69	11.44	1.2	21.3	50.6	0.3	
	7.7	21.2	9.56	11.42	1.1	21.6	50.9	0.3	
	7.5	Culvert							
	7.3	23.6	9.21	11.03	2.0	11.3	15.7	0.6	
P15	7	10.5	9.21	11.06	1.7	15.9	56.5	0.5	RD
P16	6	7	7.87	9.18	3.0	2.3	2.6	1.0	RD
P17	5	24.3	6.64	8.48	0.4	76.2	254.9	0.1	

Profil	Numérotation modélisation	Débit	Z fond	Z eau	Vitesse moyenne lit mineur	Surface mouillée	Largeur miroir	Froude	Autres écoulements distincts
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)		
	4.7	24.3	6.5	8.47	0.7	148.9	421.6	0.2	
	4.5	Culvert							
	4.2	11.8	6.47	8.04	0.4	91.4	342.9	0.1	RD / RG
P18	4	11.8	6.47	8.04	0.5	88.0	318.1	0.1	RD / RG
P19	3	17.9	4.41	5.94	1.8	39.5	206.3	0.5	RG
P20	2	21.7	3.16	5.7	1.0	84.3	212.1	0.2	RG
	1.5	Culvert							
	1	21.7	3.16	5.5	1.7	43.8	187.7	0.4	RG

Écoulements secondaires

Profil	Numérotation modélisation	Rive Gauche			Rive Droite		
		Débit	Vitesse moyenne lit majeur	Hauteur d'eau	Débit	Vitesse moyenne lit majeur	Cote
		(m ³ /s)	(m/s)	(m)	(m ³ /s)	(m/s)	(m NGF)
P15	7	-	-	-	13.1	< 1	9.36 (<0.3)
P16	6	-	-	-	13.1	< 0.5	8.93 (<0.5)
P18	4	4.2	< 0.5	< 0.2	8.4	<0.5	7.8 (< 0.25 m)
P19	3	4.2	< 0.5	< 0.2	-	-	-
P20	2	6	< 0.5	< 0.2	-	-	-

Amont du CD 17 (P11-P14)

En crue centennale, des dysfonctionnements sont observés dès la partie haute du chemin des Grenadiers.

Une partie du débit non entonné au niveau des ouvrages hydrauliques 19' et 20 suit le chemin des Grenadiers, une autre se dirige vers le centre ville en descendant la Rte de Servanne.

Les hauteurs d'eau sont estimées en moyenne à respectivement 20 et 35 cm. Il est à noter que les conditions d'écoulements sur ces axes peuvent rapidement changer avec notamment la présence de fossés qui, si leur fonctionnement est optimum, peuvent faire transiter une partie du débit.

Au niveau du boulo-drome, vient s'ajouter le débit débordant du Lambert. La sommation des deux écoulements se répartit entre l'avenue Frédéric Mistral, en direction du cours d'eau, et la route de Servanne (Cours), en direction du centre ville.

Au niveau du chemin des Grenadiers, le pâté de maisons construit au niveau d'un ancien marais asséché risquent de recueillir une partie des eaux.

Par ailleurs, les terrains riverains du cours d'eau entre le chemin venant du boulo-drome et le CD 17 sont submergés pour un événement de type centennal. Il est à noter que la présence de murs de clôtures et d'habitations rend difficile la détermination de la zone inondable, les écoulements étant assujettis à de nombreux obstacles.

CD 17 (P14-P15)

Le Lambert passe en canalisation sous le CD 17 sur une quarantaine de mètres. C'est à cet endroit que se connecte aussi une partie du réseau d'eau pluviale de la ville.

Pour un événement centennal, une partie importante de l'écoulement provenant du cours d'eau transite par la chaussée auquel s'ajoute une partie du débit devant transiter par le réseau pluvial (une quinzaine de m³/s au total).

Aval du CD 17 (P15-P20)

Le débit transitant par le CD 17 se dirige vers l'ouest, en suivant la pente générale de la Route. L'écoulement déverse alors en direction du lotissement en construction « les Jardins d'Eole » sans retourner vers le lit mineur, étant donné la pente naturelle du terrain. La capacité du lit mineur est limitée à une dizaine de m³/s et est donc insuffisante pour assurer le transit du débit centennal (24 m³/s environ).

La zone du lotissement est donc submergée mais les hauteurs d'eau restent inférieures à 50 cm et les vitesses sont faibles.

Le franchissement de l'ouvrage hydraulique n°11 se fait par submersion en partie de la chaussée.

A l'aval de celui-ci, les écoulements en lit majeur sont distincts étant donné la configuration du lit légèrement perché à l'aval de la route.

La majorité du débit passe par le lit majeur RD (8.5 m³/s) étant donné la pente générale du terrain et la position du point bas de la chaussée. Le débit transitant par le lit majeur gauche est estimé à 4 m³/s.

Un nouveau débordement se produit au niveau du profil P19. La lame débordante, peu significative est de quelques cm. Le débit se déversant dans le lit majeur RD a été estimé à 2 m³/s environ.

Un large champ d'inondation s'étend ensuite en rive droite et en rive gauche. Etant donné la configuration des terrains, les hauteurs d'eau sont peu importantes ($h < 20$ cm) et les vitesses d'écoulements faibles ($V < 0.5$ m/s) excepté localement dans les fossés de ressuyage.

4.5 ZONAGE DE L'ALEA

4.5.1 *Préambule*

Le zonage proposé dans ce paragraphe résulte à la fois des résultats des modélisations mais aussi des incertitudes et interrogations que posent ces modélisations :

1. non prise en compte de facteurs aggravant l'aléa,
 2. incertitudes liées à l'utilisation d'un modèle en régime permanent.
- L'aléa ne peut être modélisé lorsque celui-ci se rapporte à des phénomènes d'embâcles ou de ruptures de digue.

Les digues situées principalement à l'aval du CD n°17 font état d'une base assez large. La modélisation s'appuie sur l'hypothèse de la non-rupture de ces ouvrages. L'aléa est donc dépendant, dans les secteurs endigués, de la stabilité de ces digues.

La formation d'embâcles est fort probable sur les Gaudres compte tenu d'une part de l'état d'encombrement de certains tronçons et d'autre part des caractéristiques des ouvrages de traversée (tablier bas, section réduite). La formation d'un embâcle provoquerait des débordements non localisés par les modélisations.

- Le modèle permanent ne permet pas de renseigner sur les conditions d'écoulement en lits majeurs lorsque ceux-ci présentent une configuration en toit. Cependant, compte tenu de la superficie disponible ainsi que du système de drainage, l'aléa est majoritairement faible dans ces secteurs.

4.5.2 *Critères retenus pour le zonage de l'aléa*

- **Zone d'aléa fort (Rouge) :**

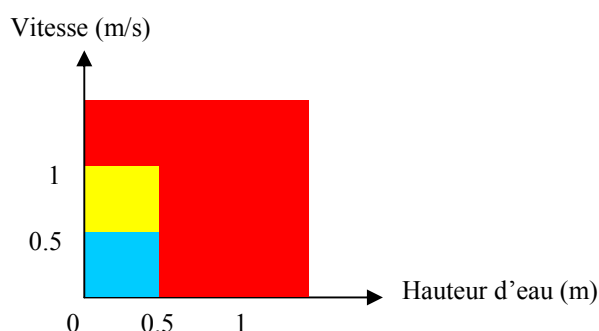
$h_{\text{eau}} > 1 \text{ m}$ et / ou $V > 0.5 \text{ m/s}$

- **Zone d'aléa modéré (Jaune) :**

$0.5 \text{ m} < h_{\text{eau}} < 1 \text{ m}$ et $V < 0.5 \text{ m/s}$

- **Zone d'aléa faible (Bleu) :**

$h_{\text{eau}} < 0.5 \text{ m}$ et $V < 0.5 \text{ m/s}$



Le zonage est donné planche Hors Texte n°7.

4.5.3 *Gaudre du Destet – Gaudre du Mas Neuf*

Le Gaudre du Destet déborde à l'amont de l'ancienne voie Ferrée, un écoulement se développant dans le secteur Nord de Mouriès. Compte tenu des débits en jeu, seules les voiries sont classées en aléa fort, les vitesses dépassant en moyenne 0.5 m/s.

A au niveau de la confluence des Gaudres du Destet et d'Aureille, un large champ d'inondation se crée en rive droite. L'aléa est modéré, les hauteurs d'eau étant comprises entre 0.5 m et 1 m. Localement, les hauteurs peuvent être légèrement supérieures au mètre comme cela a été observé au niveau des serres lors d'une précédente crue.

A proximité du Gaudre, l'aléa est fort en particulier à cause des vitesses. La muraille que forme les murs de clôture des maisons situées le long du chemin des Oliviers, concentre les écoulements en direction du Gaudre, provoquant des hauteurs d'eau importantes (de l'ordre du mètre) au niveau des maisons les plus proches du cours d'eau.

Dans les lotissements, l'aléa est considéré « en moyenne » comme faible, même si localement, les conditions d'écoulements peuvent être telles que les vitesses ou les hauteurs d'eau soient plus importantes que celles répondant au critère retenu.

A l'aval du CD n°17, l'aléa est majoritairement faible, excepté sur les voiries qui constituent des axes privilégiés d'écoulements où les vitesses peuvent rapidement dépasser 0.5 m/s.

A l'aval, dans le vaste champs d'inondation situé en rive droite, des zones d'aléa modéré (hauteur d'eau comprises entre 0.5 m et 1 m avec vitesses faibles) ont été définies. Leur limites sont cependant approximatives compte tenu de la topographie du secteur.

En rive droite, c'est la limite déterminée par l'approche hydrogéomorphologique qui a été retenue, compte tenu de la faiblesse des débits débordants et de la configuration topographique du terrain dans ce secteur. L'aléa est faible dans ce secteur mis à part sur le chemin du Mas de Sabran.

Le secteur du Mas de la Reine a été classé en aléa faible compte tenu de son isolement en cas de crue centennale.

4.5.4 *Gaudre du Vallat*

Au niveau du Gaudre du Vallat, les secteurs à aléa fort sont les suivants :

- cour de l'hôtellerie du Vallon de Gayet (des débordements se produisent à l'amont de la partie busée et les écoulements empruntent une cour ; les vitesses sont supérieures à 0.5 m/s)
- talweg situé en rive droite, à l'aval de l'ouvrage hydraulique n°2. Plusieurs m³/s transite par ce talweg suite à l'insuffisance de capacité du Gaudre. Compte tenu de la pente du talweg, les vitesses dépassent, dans ce cas aussi, 0.5 m/s.

- le CD n°78A, recueille une partie des eaux de débordements à l'aval du CD n°17

Une zone à aléa modéré a aussi été identifiée :

- Il s'agit d'une cuvette topographique située à l'aval de l'ouvrage hydraulique n°2, en rive gauche.

4.5.5 Ruisseau du Lambert – Bief du Cimetière

Les zones inondables de ces cours d'eau peuvent se confondre avec celles des Gaudres du Destet et du Mas Neuf.

Comme précédemment en zone urbanisée, les zones à aléa fort concernent presque exclusivement les voiries ou les vitesses d'écoulements peuvent être importantes. Il est rappelé que les écoulements en milieu urbanisés sont difficilement appréciables, car dépendant beaucoup des obstacles présents à un instant donné (portail ouvert ou fermé, mur ruiné, embâcles dans les rues détournant une partie des écoulements...).

Hors voirie, l'aléa est donc estimé faible, en moyenne, même si localement les conditions d'écoulement pouvant entraîner une modification des critères sur lesquels se base le zonage.

Le secteur du lotissement « les Jardins d'Eole » est classé en aléa faible, les hauteurs d'eau et les vitesses se situant en moyenne respectivement sous 0.5 m et sous 0.5 m/s.

La voie de desserte de la partie Nord du Lotissement à partir du CD n°17 constituera un axe d'écoulement privilégié.

L'aléa devra donc être considéré comme fort sur cette voirie.

4.5.6 Remarque générale

Une partie importante du village de Mouriès située en particulier au Nord du CD n°17 est classée en aléa faible alors que vraisemblablement les habitations considérées n'ont jamais été inondées.

Ceci s'explique par les considérations suivantes :

- La crue modélisée est d'occurrence centennale. C'est une crue rare qui n'a peut être pas été observée au cours du siècle passé.
- La ville de Mouriès s'est développée en terme d'urbanisme au cours des dernières décennies. La période d'observation pour les nouvelles habitations est donc assez courte pour des événements qui ne se produisent qu'exceptionnellement.
- Compte tenu des incertitudes sur la topographie réelle du terrain dans certain secteur et du devenir des écoulements transitant dans les rues, certains pâtés de maisons ont été jugés « potentiellement » inondables.

Il se peut que selon le déroulement réel des débordements et compte tenu de l'incertitude sur leur répartition dans les rues, des terrains et des maisons puissent cependant être épargnées, le scénario retenu n'étant que théorique.