

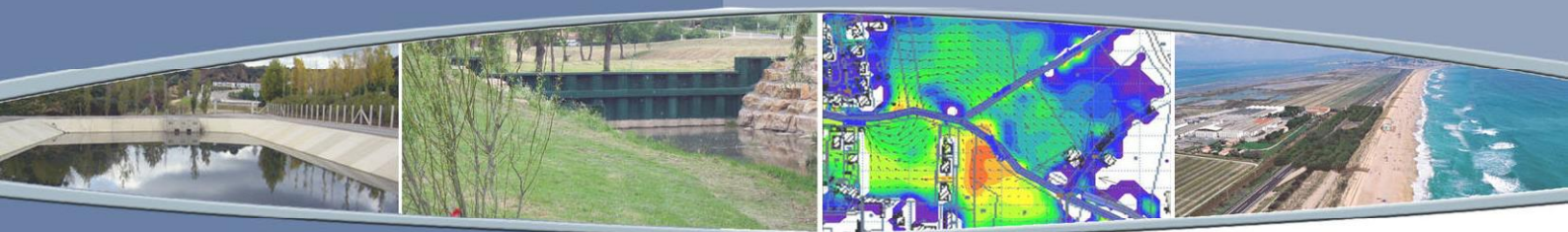
MM2436 (EX. HH2143)

# ETUDE HYDRAULIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE DESTINEE A LA CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION

## PHASE 1 : ETAT DES LIEUX – ANALYSE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

MAIRIE DE MAUSSANE-LES-  
ALPILLES

DECEMBRE 2010





## Identification

---

IPSEAU – Ingénierie pour l'Eau, le Sol et l'Environnement – Une société du groupe



Domaine du Petit Arbois – Pavillon Laennec – Hall B – BP 20056 – 13545 AIX-EN-PROVENCE Cedex 4

Téléphone 04 42 50 83 00 – Télécopie 04 42 50 83 01

email : [ipseau@ingerop.com](mailto:ipseau@ingerop.com)

RCS Aix en Provence 389 070 004 – SASU au capital de 40 000.00 – APE 7112 B – SIRET 389 070 004 00046

## Gestion de la qualité

---

Version	Date	Intitulé	Rédaction	Lecture	Validation
Ver 1	14/12/2010	Phase 1 – ver 1	JF / SD	DC	DC



# Sommaire

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>11</b>
1.1. CONTEXTE.....	11
1.2. OBJECTIFS.....	12
<b>2. SYNTHÈSE DES ÉTUDES EXISTANTES ET ÉVÉNEMENTS PASSÉS</b>	<b>13</b>
2.1. ÉTUDES EXISTANTES.....	13
2.1.1. Etude hydraulique sur les gaudres de la Croix et de la Foux – Cartographie de l'aléa inondation (IPSEAU, étude n°97-13-050, octobre 1997).....	13
2.1.2. Etude de réhabilitation des gaudres de la commune (SOGREAH, étude n°102254, juin 2003).....	13
2.1.3. Inondation du Rhône et de ses principaux affluents de décembre 2003 (SIEE, mars 2004 - juin 2005).....	14
2.1.4. Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables en région PACA (IPSEAU, étude n°HH1562, novembre 2008).....	15
2.1.5. Etude hydraulique du bassin versant sud des Alpilles (BRLi, déc. 2009).....	17
2.2. CRUES PASSES.....	17
2.3. ACTEURS RENCONTRES.....	20
2.3.1. M. MARECHAL – Mairie de Maussane.....	20
2.3.2. M. PACH – Police Municipale de Maussane.....	21
2.3.3. M. CORONAT – ASA du Canal d'Irrigation de la Vallée des Baux.....	21
2.3.4. Riverains habitants à proximité des gaudres.....	23
<b>3. ANALYSE HYDROLOGIQUE</b>	<b>25</b>
3.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	25
3.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE.....	26
3.3. CLIMATOLOGIE ET PLUVIOMETRIE.....	29
3.3.1. Caractéristiques climatiques générales.....	29
3.3.2. Précipitations intenses.....	29
3.3.3. Évènement de décembre 2003.....	31
3.4. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE.....	37
3.4.1. Réseau hydrographique.....	37
3.4.2. Bassins versants.....	41
3.5. ÉTAT DES LIEUX DU LIT MINEUR ET MAJEUR DES PRINCIPAUX GAUDRES.....	45
3.5.1. Gaudre de la Croix.....	45
3.5.2. Gaudre de la Foux.....	56
3.5.3. Gaudre de Valoste dans la traversée du hameau des Calans.....	61
3.6. ESTIMATION DES HYDROGRAMMES DE CRUE.....	69
3.6.1. Synthèse des études existantes.....	69
3.6.2. Modélisation hydrologique « pluie-débit ».....	70
<b>4. ANALYSE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE</b>	<b>75</b>
4.1. PRÉSENTATION.....	75
4.2. PARAMÈTRES PHYSIQUES ET ANTHROPIQUES DE CONTRÔLE DE L'HYDROLOGIE.....	75
4.2.1. Climatologie de la zone.....	75
4.2.2. Influence de la géologie sur la genèse des crues : l'effet du karst.....	75
4.2.3. L'occupation du sol.....	76
4.3. MÉTHODOLOGIE RETENUE.....	77
4.3.1. Résumé de la méthode de cartographie par approche hydrogéomorphologique.....	77
4.3.2. « Adaptations » de l'approche hydrogéomorphologique aux zones de ruissellement des glacis, piémonts et vallons secs.....	79
4.3.3. « Adaptations » de la cartographie hydrogéomorphologique au cas de la commune.....	80
4.4. ANALYSE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE DU SECTEUR ÉTUDIÉ.....	81



## Illustrations

Figure 1 : Carte des zones inondées (SIEE, mai 2005).....	15
Figure 2 : Extrait de l'Atlas des zones inondables (IPSEAU, DREAL PACA).....	16
Figure 3 : ones inondées en 1856 et décembre 2003 - Crue du Rhône (Source : BRLi, mai 2008)..	18
Photo 1 : Hameau des Calans – Crue de décembre 2003 .....	19
Photo 2 : Hameau des Calans et viaduc du canal d'irrigation durant la crue de décembre 2003 .....	20
Photo 3 : Déversoir de sécurité sur l'aqueduc de Manville (côté aval) .....	22
Photo 4 : Déversoirs de sécurité sur l'aqueduc de Flandrin (côté amont à gauche et côté aval à droite) .....	23
Photo 5 : Déversoir de sécurité sur l'aqueduc de Calans .....	23
Figure 4 : Plan de situation (Source : www.geoportail.fr).....	25
Figure 5 : Carte géologique du secteur d'étude .....	27
Figure 6 : Localisation des postes pluviométriques .....	33
Figure 7 : Hyétogrammes de la pluie du 1 au 3 décembre 2003 .....	35
Figure 8 : Extrait d'une cartographie des isohyètes de précipitation (Source : Météo France) .....	36
Figure 9 : Hyétogramme de précipitations reconstitué au niveau de Maussane .....	37
Figure 10 : Réseau hydrographique.....	39
Figure 11 : Bassins versants et noeuds de calcul.....	43
Photo 6 : RD27 au niveau de l'aqueduc de Manville (canal d'irrigation).....	45
Photo 7 : Gaudre de la Croix en aval du canal d'irrigation.....	46
Photo 8 : Gaudre de la Croix en aval du chemin de la Terre du Fabre .....	47
Photo 9 : Seuil en lit mineur du gaudre de la Croix.....	47
Photo 10 : Gaudre de la Croix en aval du seuil.....	48
Photo 11 : Pont de la route des Baux.....	48
Photo 12 : Pont de l'avenue des Alpilles sur le gaudre de la Croix .....	49
Photo 13 : Section trapézo dale du gaudre en aval du franchissement de l'avenue des Alpilles.....	50
Photo 14 : Pont de la rue du Vieux Maussane surle gaudre de la Croix .....	50
Photo 15 : Pont de la RD17 sur le gaudre de la Croix .....	51
Photo 16 : Gaudre de la Croix en aval du pont de la RD17.....	52
Photo 17 : Pont du chemin de la Pinède sur le gaudre de la Croix.....	52

Photo 18 : Seuil en amont du franchissement de la RD17c.....	53
Photo 19 : Pont de la RD17C sur le gaudre de la Croix.....	54
Photo 20 : Erosion de berge en rive droite du gaudre de la Croix en aval de la RD17c.....	54
Photo 21 : Seuil en lit mineur du gaudre de la Croix.....	55
Photo 22 : Pont cadre permettant l'accès à une habitation.....	55
Photo 23 : Vue du gaudre de la Foux en amont du canal d'irrigation .....	56
Photo 24 : Seuil naturel au droit du canal d'irrigation.....	57
Photo 25 : Lit mineur du gaudre de la Foux en aval du seuil.....	57
Photo 26 : Lit mineur du gaudre de la Foux en contrebas du Mas ded Flandrin .....	58
Photo 27 : Buses 1000 au niveau du chemin des Baux à Mouriès.....	59
Photo 28 : Pont de l'avenue des Alpilles sur le gaudre de la Foux.....	59
Photo 29 : Pont du chemin du Mas de Chabran sur le gaudre de la Foux .....	60
Photo 30 : Pont de la RD17c sur le gaudre de la Foux.....	61
Photo 31 : Gaudre de Valoste en aval du canal d'irrigation.....	62
Photo 32 : Pont permettant l'accès à une habitation.....	62
Photo 33 : Buse 1200 mm au droit de la RD78.....	63
Photo 34 : Gaudre de Valoste longeant la RD78B.....	63
Figure 12 : Carte de synthèse de l'état des lieux (Gaudres de la Croix et de la Foux).....	65
Figure 13 : Carte de synthèse de l'état des lieux (Gaudre de Valoste).....	67
Figure 14 : Exemple de pluie de projet double-triangle.....	71
Figure 15 : Hydrogrammes de la crue de décembre 2003.....	74
Figure 16 : Relations topographiques entre les différents lits .....	78
Figure 17 : Cas d'effacement de la limite extrême de la plaine alluviale moderne .....	79
Figure 18 : Cartographie hydrogéomorphologique .....	83

---



## Tableaux

---

Tableau 1 : Arrêtés CATNAT – commune de Maussane (Source : <a href="http://www.prim.net">www.prim.net</a> ) .....	19
Tableau 2 : Quantiles de pluies – Salon de Provence aéroport (1968-2002) .....	30
Tableau 3 : Quantiles de pluie SHYPRE – Salon de Provence .....	31
Tableau 4 : Caractéristiques des bassins versants.....	41
Tableau 5 : Débits de référence de l'étude hydraulique du bassin versant Sud des Alpilles (BRLi) ....	70
Tableau 6 : Coefficients de Montana (I en mm/h et t en h).....	72
Tableau 7 : Résultats de la modélisation hydrologique.....	73



# 1. INTRODUCTION

---

## 1.1. CONTEXTE

Le territoire de la commune de Maussane-les-Alpilles est soumis à de forts enjeux en matière d'urbanisme :

pression foncière accrue

préservation des zones naturelles et des sites Natura 2000

protection contre le risque inondation (Rhône, gaudres)

maintien des zones agricoles.

La commune souhaite faire évoluer ses documents d'urbanisme pour mieux concilier ces différents enjeux. Par délibération du conseil municipal (DCM) en date du 26 février 2004, la commune a prescrit une nouvelle révision totale du POS, de manière à établir un Plan Local d'Urbanisme (PLU).

Monsieur le Préfet, conformément aux dispositions de l'article L.121-13 du Code de l'Urbanisme, a adressé le 22 février 2008 à la commune, soit avant la date d'opposabilité du document, une lettre d'observations valant suspension de l'opposabilité du document. Il pointe notamment une prise en compte incomplète du risque inondation.

Une cartographie de l'aléa inondation par les gaudres de la Foux et de la Croix, réalisée par IPSEAU en 1997, est annexée au POS opposable. Cependant, elle ne couvre pas l'ensemble du territoire communal et ne prend pas en compte ni les nouvelles directives en la matière ni les aménagements récents sur la commune.

Le complément d'analyse est demandé en référence à la circulaire interministérielle relative à la mise en œuvre de l'organisation et adaptation des constructions en zones inondables du 21 janvier 2004 et à la circulaire du 30 avril 2002 concernant le principe de non-densification des espaces situés derrière les digues.

Les principes de non implantation des établissements utiles à la gestion de crise et les établissements sensibles sont renforcés, même dans les zones d'aléa faible. Une priorité doit être donnée à la réduction de la vulnérabilité des bâtiments publics et à la prise de mesures pour assurer le maintien de leur fonction pendant l'épisode de crue. L'éventail des mesures peut aller de la simple surveillance jusqu'à la démolition de certains équipements.

Cette même circulaire préconise une réflexion allant au-delà de l'événement de référence pour envisager l'hypothèse exceptionnelle.

## 1.2. OBJECTIFS

Il s'agit d'une étude mêlant les approches hydrauliques et hydrogéomorphologiques permettant d'identifier le risque d'inondation lié aux débordements des différents gaudres traversant la commune de Maussane-les-Alpilles et de caractériser les niveaux d'aléa.

Les objectifs de la présente mission sont une meilleure prise en compte du risque inondation dans le projet de PLU. Les études demandées doivent permettre à la commune d'élaborer un zonage des secteurs inondables et de rédiger un règlement adapté pour ces zones inondables.

A la demande de Monsieur le Préfet, des compléments d'études seront apportés sur plusieurs points. Il s'agira notamment :

de procéder à une analyse hydrogéomorphologique afin de déterminer le champ maximal d'expansion des crues

de procéder à des simulations en crue centennale des effets relatifs à des dysfonctionnements d'ouvrages avec notamment la prise en compte :

- de rupture de digue,
- d'embâcles au droit des ouvrages de franchissement,
- de surverse du canal d'irrigation de la vallée des Baux dans les deux gaudres au niveau des déversoirs localisé en amont de la commune

de procéder à une simulation de la crue centennale du gaudre traversant le secteur du hameau des Calans.

d'affiner les caractéristiques des écoulements (hauteurs et vitesses) dans le secteur du centre ancien

Cette étude se déroule en trois phases :

- ☞ Phase 1 : Etat des lieux, recueil des données et analyse hydrogéomorphologique
- ☞ Phase 2 : Modélisation hydraulique et cartographie de l'aléa inondation
- ☞ Phase 3 : Prise en compte des remarques – élaboration du document définitif

Le présent rapport constitue le rapport de la phase 1 de l'étude.

## **2. SYNTHÈSE DES ÉTUDES EXISTANTES ET ÉVÉNEMENTS PASSÉS**

---

### **2.1. ÉTUDES EXISTANTES**

#### **2.1.1. Étude hydraulique sur les gaudres de la Croix et de la Foux – Cartographie de l'aléa inondation (IPSEAU, étude n°97-13-050, octobre 1997)**

Cette étude, réalisée par le bureau d'études IPSEAU pour le compte de la commune, est actuellement annexée au POS opposable. Elle comprend :

- Une estimation des débits de crues des gaudres de la Croix et de la Foux
- Une analyse hydrogéomorphologique
- Une modélisation hydraulique unidimensionnelle des écoulements en cas de crue décennale et centennale
- Une cartographie et un zonage de l'aléa inondation
- Des propositions d'aménagements d'intérêt collectif

Notons que cette étude de cartographie de l'aléa inondation ne concerne que les deux principaux gaudres traversant la commune (gaudres de la Croix et de la Foux). Elle ne prend pas en compte des facteurs aggravant l'aléa tels que les phénomènes d'embcles ou des ruptures de digues. Les hypothèses de calculs et les résultats de cette étude sont présentés au fur et à mesure de l'analyse, dans les différentes parties de la présente étude (cf. 3.6.1. concernant les résultats hydrologiques et rapport de phase 2 au sujet des résultats de l'analyse hydraulique).

#### **2.1.2. Étude de réhabilitation des gaudres de la commune (SOGREAH, étude n°102254, juin 2003)**

Cette étude, réalisée par le bureau étude SOGREAH pour le compte de la commune, a permis de définir les travaux de réhabilitation des gaudres de la Croix et de la Foux. Elle comprend :

Un dossier de déclaration « Loi sur l'Eau » (notice d'incidence permettant d'apprécier l'impact du projet d'aménagement sur le milieu naturel)

Un dossier de déclaration d'intérêt général

Comme précédemment, les éléments de cette étude seront repris lors des différentes phases de la présente analyse.

### **2.1.3. Inondation du Rhône et de ses principaux affluents de décembre 2003 (SIEE, mars 2004 - juin 2005)**

Entre le 2 et le 5 décembre 2003, la Rhône en aval de Lyon a connu une crue exceptionnelle tandis que la plupart de ses affluents méditerranéens subissaient des crues moyennes à fortes du fait d'un épisode pluvieux aux cumuls de précipitations importants. Cet évènement a causé de gros dégâts matériels et infligé de lourdes pertes aux activités économiques.

La DIREN Languedoc-Roussillon et la DIREN de bassin ont alors engagé des études ayant pour but de constituer une connaissance détaillée de cet évènement afin d'en conserver la mémoire et d'en tirer les enseignements utiles pour les aménagements de la vallée du Rhône.

Ce retour d'expérience a fait l'objet de plusieurs phases d'acquisition de données :

Phase 1 : Une mission aérienne photographique a été réalisée les 5 et 6 décembre 2003, afin d'acquérir un outil de visualisation global et homogène sur l'ensemble de la zone inondée.

Phase 2 : Un relevé des Plus Hautes Eaux (PHE) a été effectué dans la zone inondée par le Rhône.

Phase 3 : La DIREN Languedoc-Roussillon a confié au bureau d'études SIEE un travail d'inventaire cartographique des zones inondées (identification de la limite et de l'origine de l'inondation),

Phase 4 : La DIREN de Bassin associée à la DIREN Languedoc-Roussillon, avec l'assistance du CETE Méditerranée a commandé à SIEE une étude d'inventaire des enjeux ayant subi l'inondation, des désordres occasionnés et des interventions consécutives.

La figure ci-après présente une cartographie des zones inondées.

Dans cette étude, une analyse précise de l'inondation liée aux débordements du Rhône a été menée. En revanche, les objectifs de cette étude n'étaient pas d'étudier spécifiquement l'inondation par ruissellement péri-urbain ou par débordement des gaudres drainant le versant sud des Alpilles., c'est pourquoi la zone inondable présentée sur la figure ci-après ne concerne que la zone de marais au sud du territoire communal.

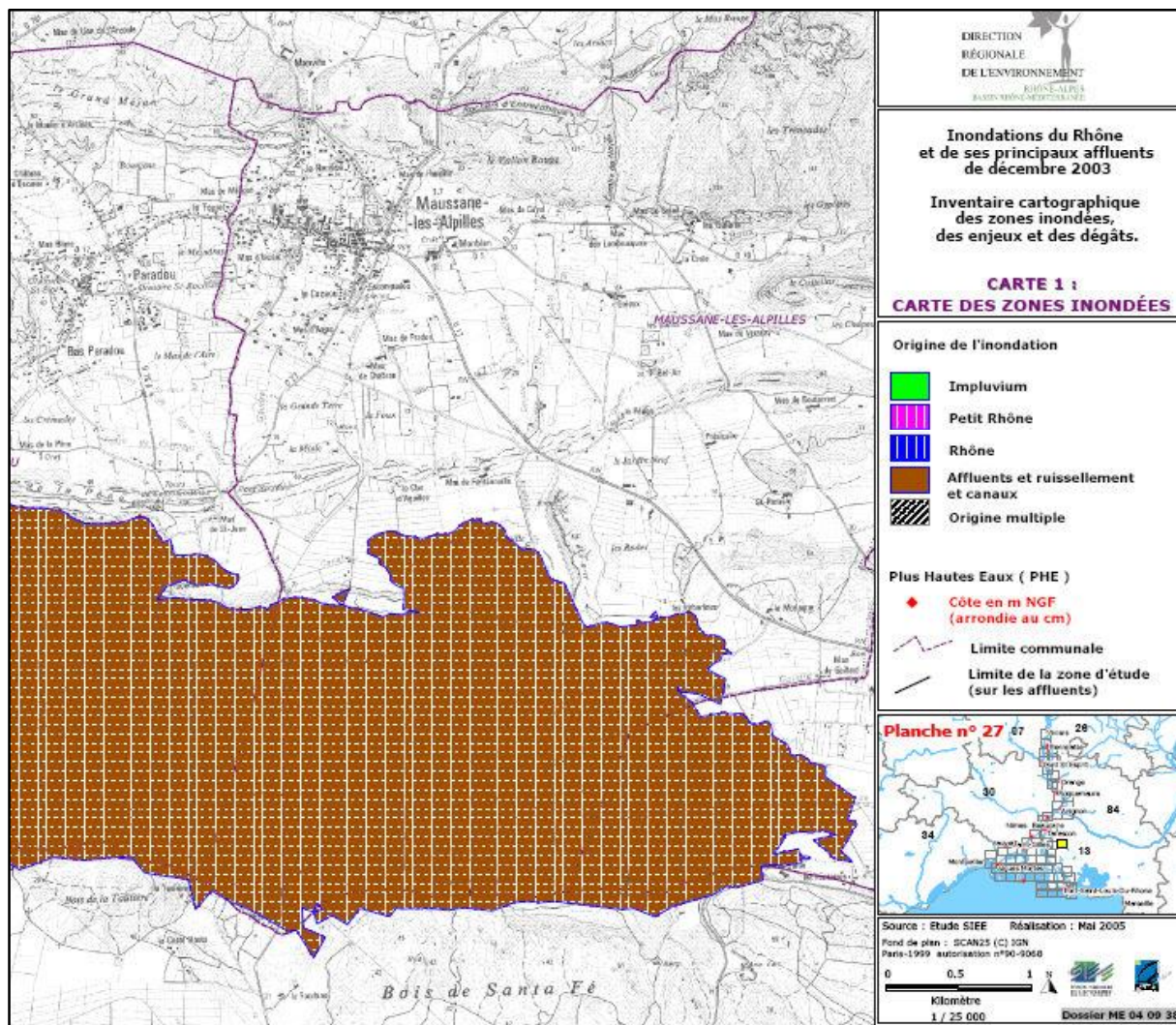


FIGURE 1 : CARTE DES ZONES INONDÉES (SIEE, MAI 2005)

#### 2.1.4. Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables en région PACA (IPSEAU, étude n°HH1562, novembre 2008)

La Direction Régionale de l'Environnement de Provence - Alpes - Côte d'Azur (DIREN PACA) qui a la charge de la réalisation des atlas des zones inondables a mis en évidence la nécessité de réaliser une couverture cartographique continue sur un certain nombre de cours d'eau de la région.

La figure ci-après présente la cartographie hydrogéomorphologique au niveau du secteur d'étude.

Une analyse hydrogéomorphologique ayant pour but d'étendre cette cartographie à l'ensemble du territoire communal a été réalisée. Elle est présentée au paragraphe 4. Analyse hydrogéomorphologique.

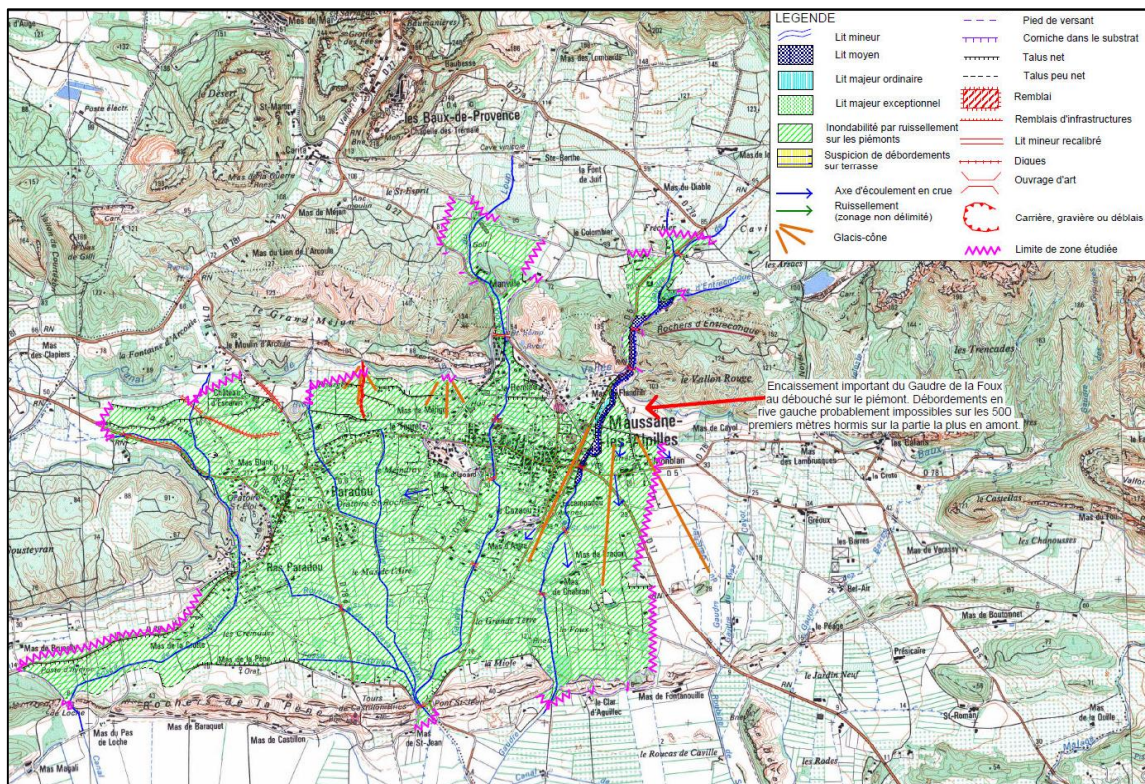


FIGURE 2 : EXTRAIT DE L'ATLAS DES ZONES INONDABLES (IPSEAU, DREAL PACA)



### **2.1.5. Etude hydraulique du bassin versant sud des Alpilles (BRLi, déc. 2009)**

Le syndicat mixte de gestion du Parc Naturel Régional des Alpilles a souhaité disposer d'un Schéma Directeur hydraulique intégrant le milieu naturel et le paysage, dans le cadre de la charte du Parc Naturel Régional des Alpilles.

Cette étude a pour objectif :

L'analyse du fonctionnement hydraulique de l'ensemble des bassins versants

L'établissement d'un schéma directeur cohérent d'aménagement hydraulique, dans le respect des écosystèmes, des paysages et du patrimoine.

L'étude est décomposée en 6 phases :

Phase 1 : Approche générale du bassin versant et des ouvrages présents,

Phase 2 : Inventaire de l'état des ouvrages,

Phase 3 : Modélisation hydrologique et hydraulique,

Phase 4 : Agriculture, paysages, qualité, milieux,

Phase 5 : Proposition de solutions techniques,

Phase 6 : Etablissement d'un schéma directeur

Les quatre premières phases établissent un état des lieux et un diagnostic du fonctionnement global du territoire. Les phases 5 et 6 constituent les phases d'élaboration, proprement dite, du schéma directeur.

Comme précédemment, les éléments de cette étude seront repris lors des différentes phases de la présente analyse.

## **2.2. CRUES PASSEES**

La commune de Maussane-les-Alpilles est soumise à deux types d'inondation :

La partie Sud de la commune, constituée d'une zone de marais, est soumise aux grandes inondations du Rhône. En effet, les marais d'Arles et des Baux constituent un champ d'expansion des crues du Rhône, comme en témoigne la figure ci-après extraite de la figure 7 de l'atlas cartographique de la phase 1 de l'étude globale BRLi

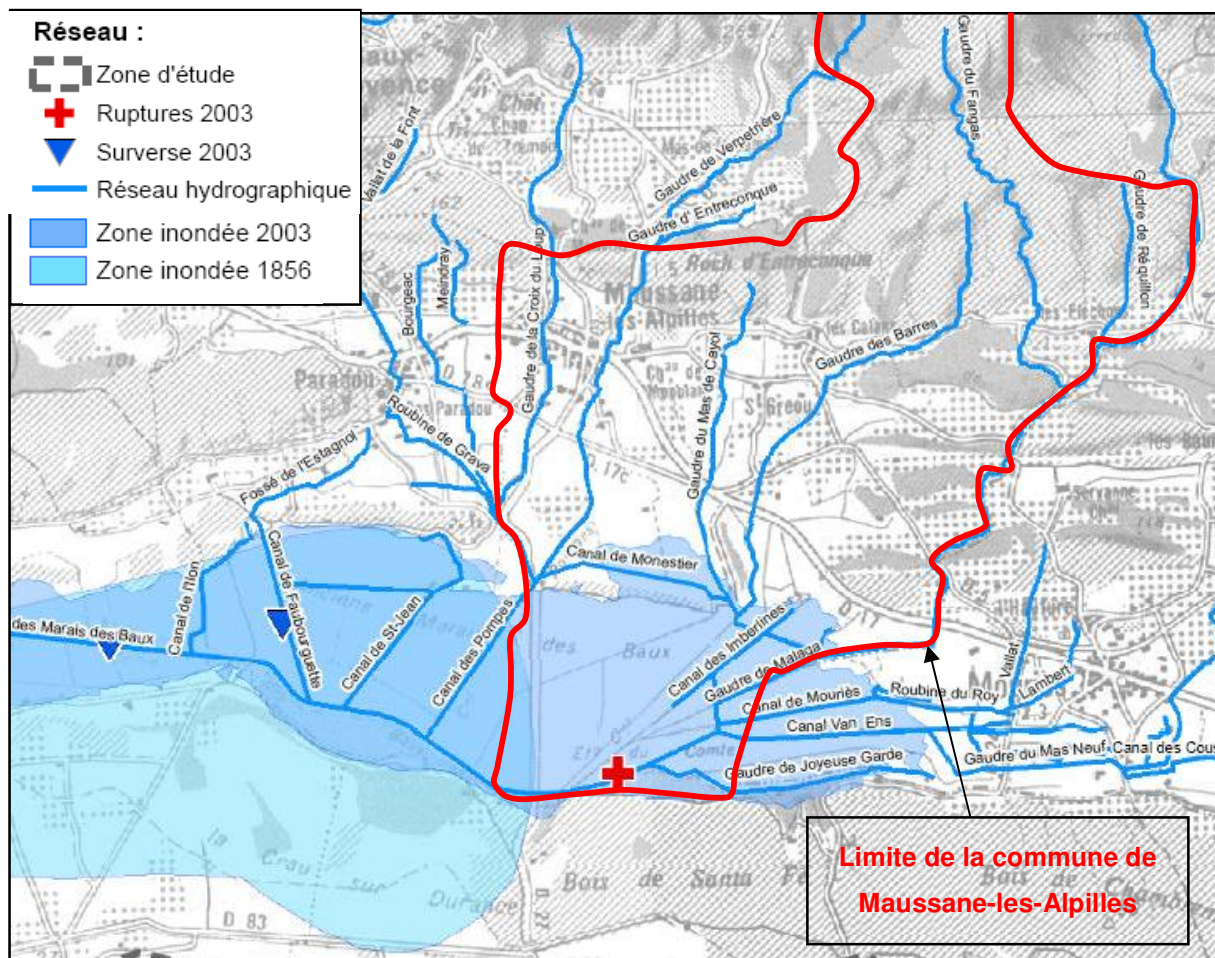


FIGURE 3 : ONES INONDEES EN 1856 ET DECEMBRE 2003 - CRUE DU RHONE (SOURCE : BRLI, MAI 2008)

La crue du Rhône de mai 1856 est la plus forte crue connue du Rhône. Son débit a été évalué à 11 640 m<sup>3</sup>/s à Beaucaire. Suite à cet évènement, de grandes digues ont été construites le long des deux bras du Rhône.

L'évènement historique de décembre 2003 comporte à la fois une crue historique du Rhône et une crue importante du Vigueirat. Pour ce qui concerne Maussane-les-Alpilles, des crues des nombreux gaudres drainant le versant sud des Alpilles sont également à l'origine d'inondations sur la commune.

La partie amont du territoire communal, située sur le versant Sud du massif des Alpilles, est soumise aux inondations par ruissellement ou par débordement de cours d'eau, appelés gaudres,

La commune de Maussane-les-Alpilles a fait l'objet de plusieurs arrêtés de Catastrophe Naturelle (CATNAT), comme l'illustre le tableau ci-dessous.

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Tempête	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982
Inondations et coulées de boue	13/10/1991	14/10/1991	21/09/1992	15/10/1992
Inondations et coulées de boue	20/10/1999	21/10/1999	03/03/2000	19/03/2000
Inondations et coulées de boue	22/09/2003	22/09/2003	27/01/2004	13/02/2004
Inondations et coulées de boue	01/12/2003	02/12/2003	12/12/2003	13/12/2003

**Tableau 1 : Arrêtés CATNAT – commune de Maussane (Source : [www.prim.net](http://www.prim.net))**

La dernière crue importante des gaudres traversant la commune est la crue de décembre 2003. Les témoignages des acteurs locaux rencontrés dans le cadre de cette étude (cf. paragraphe 2.3 ci-après) a permis de recueillir de nombreuses informations sur les points de débordement, les axes d'écoulements en lit majeur, les secteurs inondés. Un recueil photographique a été récupéré auprès des Services Techniques de la commune, comme l'illustre les photos ci-dessous.



**PHOTO 1 : HAMEAU DES CALANS – CRUE DE DECEMBRE 2003**



PHOTO 2 : HAMEAU DES CALANS ET VIADUC DU CANAL D'IRRIGATION DURANT LA CRUE DE DECEMBRE 2003

## **2.3. ACTEURS RENCONTRES**

### **2.3.1. M. MARECHAL – Mairie de Maussane**

M. MARECHAL travaille au sein des Services Techniques de la commune. Il était présent lors de l'évènement de décembre 2003. M. MARECHAL nous a transmis et commenté le recueil photographique précité, ainsi que plusieurs documents contenant des informations au sujet de cet évènement historique (base de données des sinistrés, dossier de demande de subvention suite aux dég ts subis, liste des zones sinistrées ).

Les principales zones reconnues sinistrées sur la commune de Maussane les Alpilles sont les suivantes (extrait d'un courrier adressé à M. le Sous Préfet des Bouches-du-Rhône par le Directeur Général des Services):

Marais des Baux et la RD 27  
Le Touret de l'Isle  
La grande terre de la Pompe  
Le Monestier  
Le Clar d'Aiguille  
Quartier du Gaudre du mas de l'Aire  
Hameau des Calans  
Chemin rural N°10 dit Chemin poissonnier  
Chemin du Mas de Fléchon  
Le Gour Blanc  
Saint Eloi  
Chemin du Touret  
Pas de l'Aiguillon

M. MARECHAL nous a également indiqué les principaux points de débordements au niveau des gaudres et les terrains inondés lors de cet évènement.

### **2.3.2. M. PACH – Police Municipale de Maussane**

M. PACH travaille au sein de la Police Municipale de Maussane. Il était présent lors de l'évènement de décembre 2003. Une visite de terrain en compagnie de M. PACH a permis de recueillir son témoignage sur le cheminement des écoulements, les points de dysfonctionnement constatés et les terrains inondés.

### **2.3.3. M. CORONAT – ASA du Canal d'Irrigation de la Vallée des Baux**

M. CORONAT est le chef du Service Technique de l'ASA du canal d'irrigation de la vallée des Baux. Ce canal, achevé en 1914, amène l'eau en provenance de la Durance sur 7 communes du bassin versant sud des Alpilles d'Eyguières à Fontvieille. Il est géré par une association syndicale autorisée à laquelle adhèrent 1 600 personnes.

Il irrigue une superficie d'environ 2 800 ha, dont 80 % de terres agricoles. Il a une longueur de 52 km de réseau principal et environ 180 km de réseau secondaire avec un débit maximal entrant au partiteur d'Eyguières de 4 m<sup>3</sup>/s. Le canal comporte 7 siphons, 3 aqueducs, 7 tunnels (960 m de long pour le tunnel des Clapiers). Il est en eau du 15 février au 1<sup>er</sup> décembre en général, avec une période de plein arrosage du 1<sup>er</sup> mai au 15 septembre.

D'après les informations recueillies, ce canal comporte 3 vannes de décharge actuellement en fonctionnement :

la vanne de décharge d'Aureille vers le gaudre d'Aureille (capacité : 3.8 m<sup>3</sup>/s),

la vanne de décharge au niveau du Castellans au franchissement du gaudre des Barres (capacité : 600 l/s)

la vanne de décharge à proximité de l'Aqueduc de Flandrin vers le gaudre de la Foux (capacité : 1.5 à 2 m<sup>3</sup>/s).

Des décharges sont actionnées soit manuellement soit automatiquement lorsque cela est possible. Notons que le canal d'irrigation de la vallée des Baux reçoit de très nombreux apports intermédiaires par ruissellement diffus, alors qu'en principe aucun apport extérieur ne doit parvenir au canal.

Afin de limiter la surcharge du canal, des déversoirs de sécurité sont présents au niveau de plusieurs gaudres, notamment au niveau du gaudre de Valoste (Aqueduc de Calans), du gaudre de la Foux (Aqueduc de Flandrin) et de gaudre de la Croix du Loup (Aqueduc de Manville), comme l'illustrent les photos ci-après.



**PHOTO 3 : DEVERSOIR DE SECURITE SUR L'AQUADUC DE MANVILLE (COTE AVAL)**



**PHOTO 4 : DEVERSOIRS DE SECURITE SUR L'AQUEDUC DE FLANDRIN (COTE AMONT A GAUCHE ET COTE AVAL A DROITE)**



**PHOTO 5 : DEVERSOIR DE SECURITE SUR L'AQUEDUC DE CALANS**

#### **2.3.4. Riverains habitants à proximité des gaudres**

Dans le cadre des reconnaissances de terrain, des témoignages de riverains ont également été recueillis, en particulier des informations complémentaires concernant la crue de décembre 2003 et l'entretien des gaudres et des ouvrages.





### 3. ANALYSE HYDROLOGIQUE

#### 3.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La commune de Maussane-les-Alpilles est située sur le versant Sud du massif des Alpilles, dans le département des Bouches-du-Rhône.

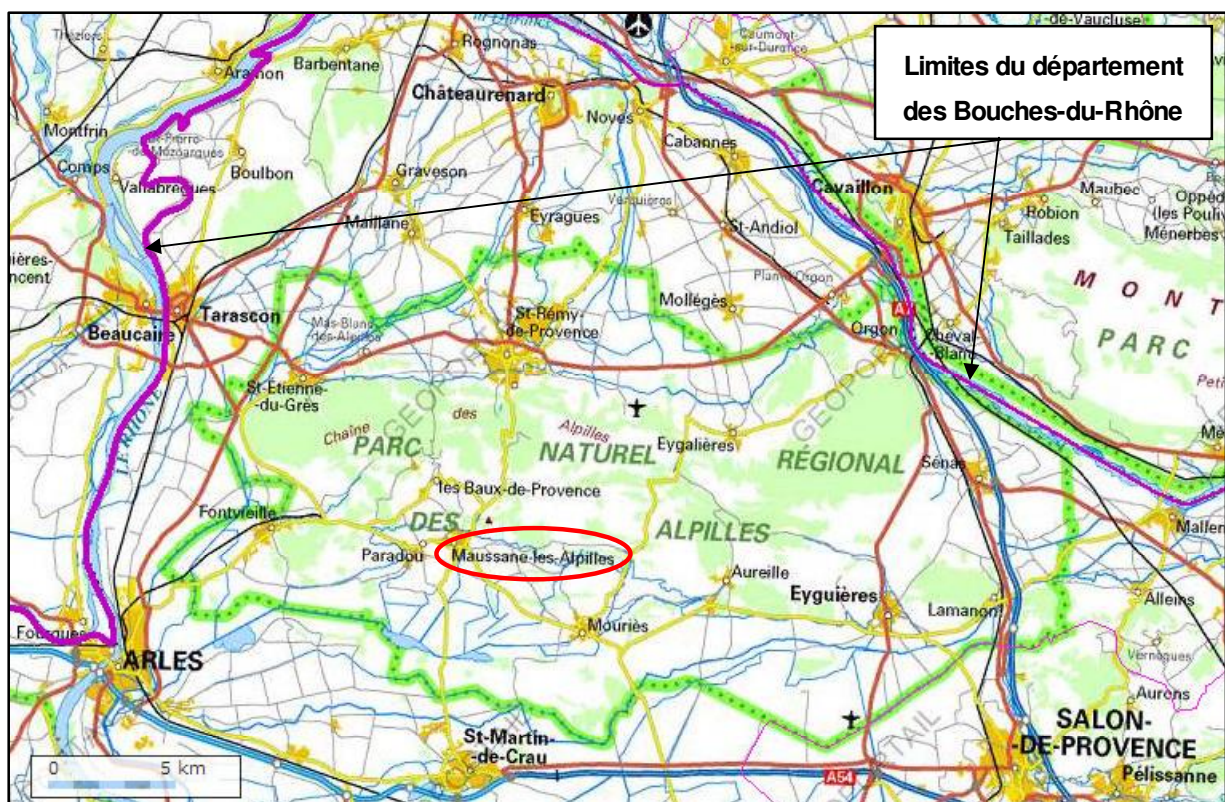


FIGURE 4 : PLAN DE SITUATION (SOURCE : [www.GEOPORTAIL.FR](http://www.geoportail.fr))

Le territoire communal peut se décomposer en trois entités géographiques :

Une zone au cœur du massif des Alpilles, au nord, située entre les cotes altimétriques 330 et 50 m NGF, caractérisée par de fortes pentes, une faible urbanisation, de nombreux talweg à écoulement non pérenne appelés gaudres, qui drainent les eaux de ruissellement du massif,

Une zone de piémont, située entre 50 et 10 m NGF, où le relief moins prononcé a permis le développement des activités humaines. Les zones agricoles et zones urbaines s'alternent sur cette zone de piémont entrecoupée localement par quelques collines et châteaux,

Une zone de plaine et de marais, au sud, située à moins de 10 m NGF, où les gaudres se rejettent dans des roubines et canaux endigués, permettant d'acheminer les eaux vers la mer sans inonder trop fréquemment les marais

### 3.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le secteur d'étude est situé sur le versant sud du massif des Alpilles. Cette chaîne des Alpilles est constituée d'affleurements calcaires marins d'âge compris entre le Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur.

Ces formations géologiques affleurent sur une vaste partie amont des bassins versants des gaudres étudiés. Elles présentent de nombreux plis et failles.

Sur le piémont de ce massif calcaire se sont déposés des complexes colluviaux résultant de l'érosion des falaises calcaires (cônes de déjections).

Sur la partie sud du territoire communal, la plaine de Maussane est accidentée par les bandes rocheuses calcaires résultant d'un important jeu de failles anciennes (Rochers de la Pène).

La carte géologique du secteur d'étude est présentée sur la figure ci-après. Les formations géologiques rencontrées sur les bassins versants étudiés sont les suivantes :

#### Formations superficielles et quaternaires

**Fx** : alluvions fluviatiles rissiennes : gravier plus ou moins consolidé

**Fy** : alluvions fluviatiles wurmiennes (limons, sables, graviers, galets)

**Px** : cailloutis de glaciais rissien                      **Jy** : cône de déjection torrentiel wurmien

#### Terrains secondaires

**n3<sub>c1</sub>** : calcaire « bicolore »                      **n3<sub>c2</sub>** : calcaire compact

**n3<sub>c3</sub>** : calcaire à intercalations marneuses

**n3<sub>c4</sub>** : calcaire à silex, alternances de calcaire et de calcaire argileux

**n4U1<sub>a</sub>** : calcaires

**C6** : calcaires                      **C7a** : argilites, grès et calcaires

**C7b1** : marnes et grès inférieurs                      **C7b2** : calcaires de Rognac

**E** : Eboulis de gravité non différenciés : cailloutis, blocs

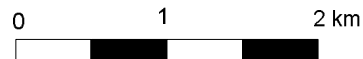


Cartographie de l'aléa inondation  
sur la commune de Maussane

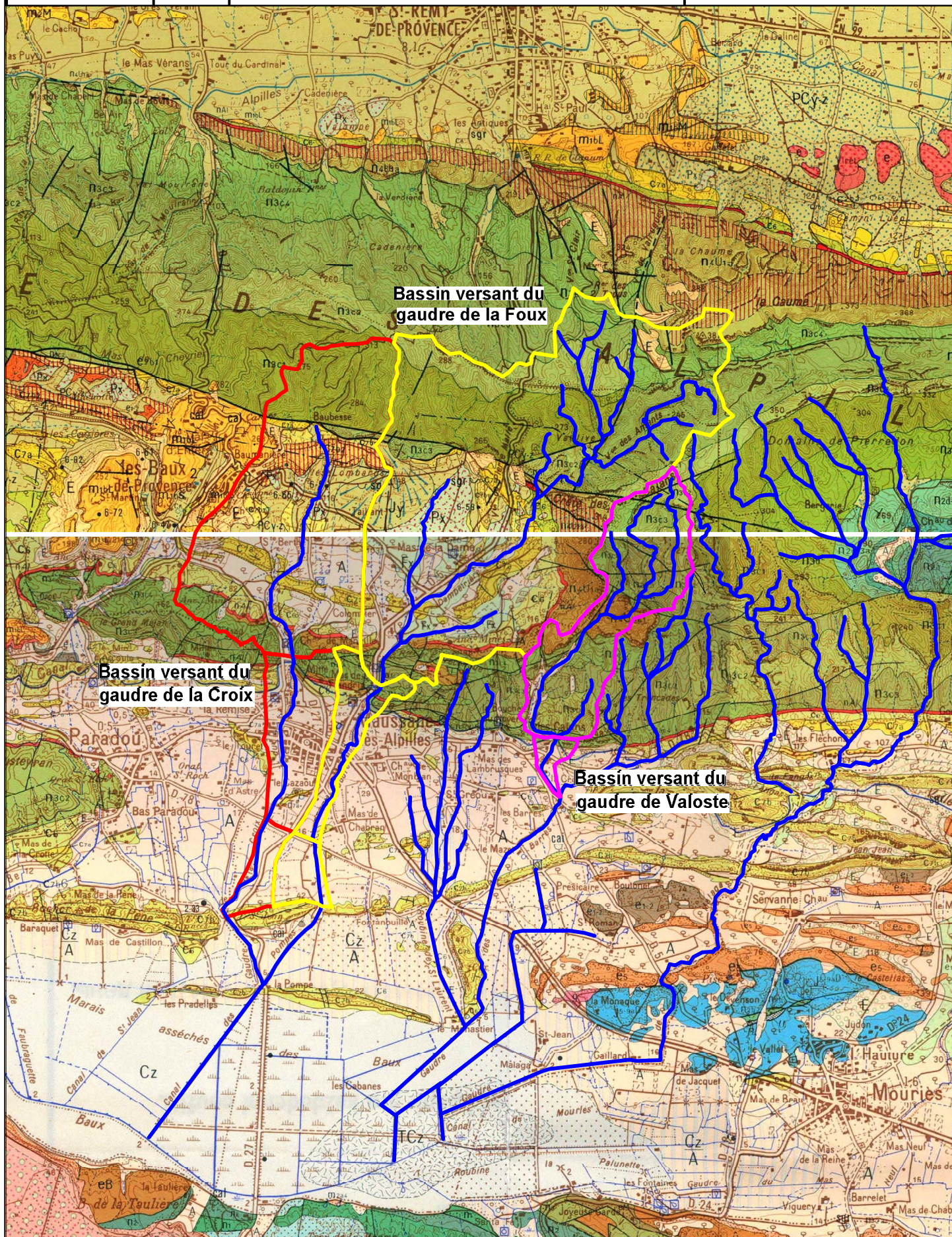
# FIGURE 5 : Carte géologique du secteur d'étude

Etude N° HH2143 - IndA - Décembre 2010

Echelle : 1 / 50 000



Fond de plan : BRGM





D'un point de vue hydrogéologique, le massif calcaire des Alpilles fait l'objet de circulations karstiques comme en témoigne les nombreuses petites résurgences en particulier sur le versant sud de la chaîne. De plus, le secteur d'étude est situé au droit d'aquifères conséquents. La vallée alluviale des Baux comporte une nappe qui s'écoule du Nord au Sud en direction de la zone de marais.

Ce contexte géologique et hydrogéologique est à l'origine d'un comportement particuliers des bassins versants vis-à-vis des précipitations. Si elles ne sont pas trop intenses, les précipitations intervenant après une période sèche vont s'infiltrer et parvenir au réseau de circulation karstique qu'elles vont alimenter. La part de ruissellement comparativement à la lame d'eau précipitée est alors assez faible.

Une fois saturé, le karst a un comportement nettement différent, sa capacité d'infiltration devient très faible et les bassins versants sont alors très sensibles au ruissellement, ce qui est propice aux crues soudaines.

Un même événement pluvieux peut alors avoir des conséquences très différentes en fonction de l'état de saturation karst et des antécédents pluviométriques, et les débits générés peuvent varier du simple au double, voire plus.

### **3.3. CLIMATOLOGIE ET PLUVIOMETRIE**

#### **3.3.1. Caractéristiques climatiques générales**

Le climat des Bouches du Rhône est méditerranéen : les fréquentes sécheresses estivales et les violents orages d'automne en sont les caractéristiques les plus connues.

En région méditerranéenne, la présence de la mer et de massifs montagneux proches, associée à la circulation générale des masses d'air sur l'Europe du Nord sont à l'origine de situations météorologiques spécifiques, génératrices de champs pluvieux à très fort potentiel de précipitation.

La hauteur des précipitations annuelles est de l'ordre de 600 mm ce qui reste modéré. Les événements pluvieux sont donc caractérisés par des précipitations très intenses, mais généralement de courte durée.

#### **3.3.2. Précipitations intenses**

Les principaux apports proviennent de violentes averses à la fin de l'automne certains débuts d'hiver présentent également des précipitations importantes dues à du mauvais temps persistant parfois

plusieurs jours (régimes perturbés de Sud-Est). Les dépressions océaniques jouent quelquefois un rôle essentiel dans le comportement des pluies de printemps.

D'après l'analyse des valeurs observées sur différents postes météorologiques régionaux, la pluie maximale journalière de fréquence décennale est de 100 mm environ (Source : analyse des précipitations journalières sur différents postes régionaux par Météo France en 1999).

$$P_{j10} = 100 \text{ mm}$$

Cependant, afin d'estimer les débits générés par des petites parcelles, au temps de concentration court, il est nécessaire de connaître les hauteurs de pluies tombées pendant des durées inférieures à la journée.

Ces données peuvent être estimées à partir de rares postes d'observation équipés de pluviographes ou de stations automatiques permettant l'analyse des précipitations à des pas de temps inférieurs à la journée. La station pluviométrique la plus proche du secteur d'étude et disposant d'une chronique d'observation assez longue est située à Salon de Provence à l'aérodrome.

Dans l'étude globale du bassin versant Sud des Alpilles, le bureau d'études BRLi a retenu la pluviométrie correspondant à cette station. Les quantiles de pluie correspondant sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Durée	Période de retour				
	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
1 h	46	52	55	59	65
2 h	62	75	78	85	93
3 h	68	81	89	100	116
6 h	78	93	102	115	132
12 h	90	107	117	131	150
24 h	104	123	134	150	172

**Tableau 2 : Quantiles de pluies – Salon de Provence aérodrome (1968-2002)**

Lorsque la densité spatiale des séries de mesures ou le nombre d'années de mesures fait défaut, en particulier pour les précipitations orageuses dont les caractéristiques majeures sont les très fortes intensités pluviométriques et le caractère très localisé des noyaux orageux, l'interpolation des données pluviométriques est un exercice périlleux. De plus, les extrapolations au-delà de 4 fois la longueur de la série de mesure sont peu fiables. Ces dernières années, le CEMAGREF a développé une méthode nommée SHYREG (Simulation d'HYétogrammes REGionalisée) permettant d'y

remédier. Celle-ci produit une estimation des quantiles de pluie pour des cumuls allant de 1 h à 72 h et des durées de retour de 2 à 100 ans. Ces estimations sont obtenues par simulations de longues chroniques de pluie à l'aide d'un générateur stochastique de pluies horaires. Cette méthode sert à présent de référence dans le domaine.

Nous retiendrons dans la présente étude les quantiles de pluie issus de la méthode SHYREG-SHYPRE présentés ci-après.

Durée	Période de retour					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
1 h	32.6	43.3	51.5	61.1	73.3	82.7
2 h	38.5	49.8	58.8	68.8	82	91.9
3 h	43.6	56.2	65.9	76.9	91.2	102.4
4 h	47.3	60.8	71.6	83.4	99.1	112.2
6 h	52.9	68	80	94	113.1	133.7
12 h	62.8	80.5	95.3	111.6	140.9	168.7
24 h	72.8	91.5	108.5	126.9	162.5	192
48 h	83.5	104.3	121.6	142	178	211.4
72 h	89.2	112.1	130.2	150.9	185.7	218.2

**Tableau 3 : Quantiles de pluie SHYPRE – Salon de Provence**

### 3.3.3. Evènement de décembre 2003

Les données pluviométriques correspondant à l'évènement de décembre 2003 (du 1 au 3 décembre) ont été récupérées auprès de Météo France au niveau de plusieurs stations pluviométriques, disposant de données à un pas de temps horaire, situées à proximité du secteur d'étude :

Station de Saint-Remy de Provence (Lycée Agricole) (code : 13100002)

Station d'Eyguières (Mas de la Chaud) (code : 13035002)

Saint-Martin-de-Crau (Parc de Baussenq) (code : 13097002)

Arles (Tour-du-Valat) (code : 13004003)

La figure ci-après présente une vue en plan de localisation de ces stations pluviométriques.





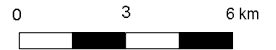


# Cartographie de l'aléa inondation sur la commune de Maussane

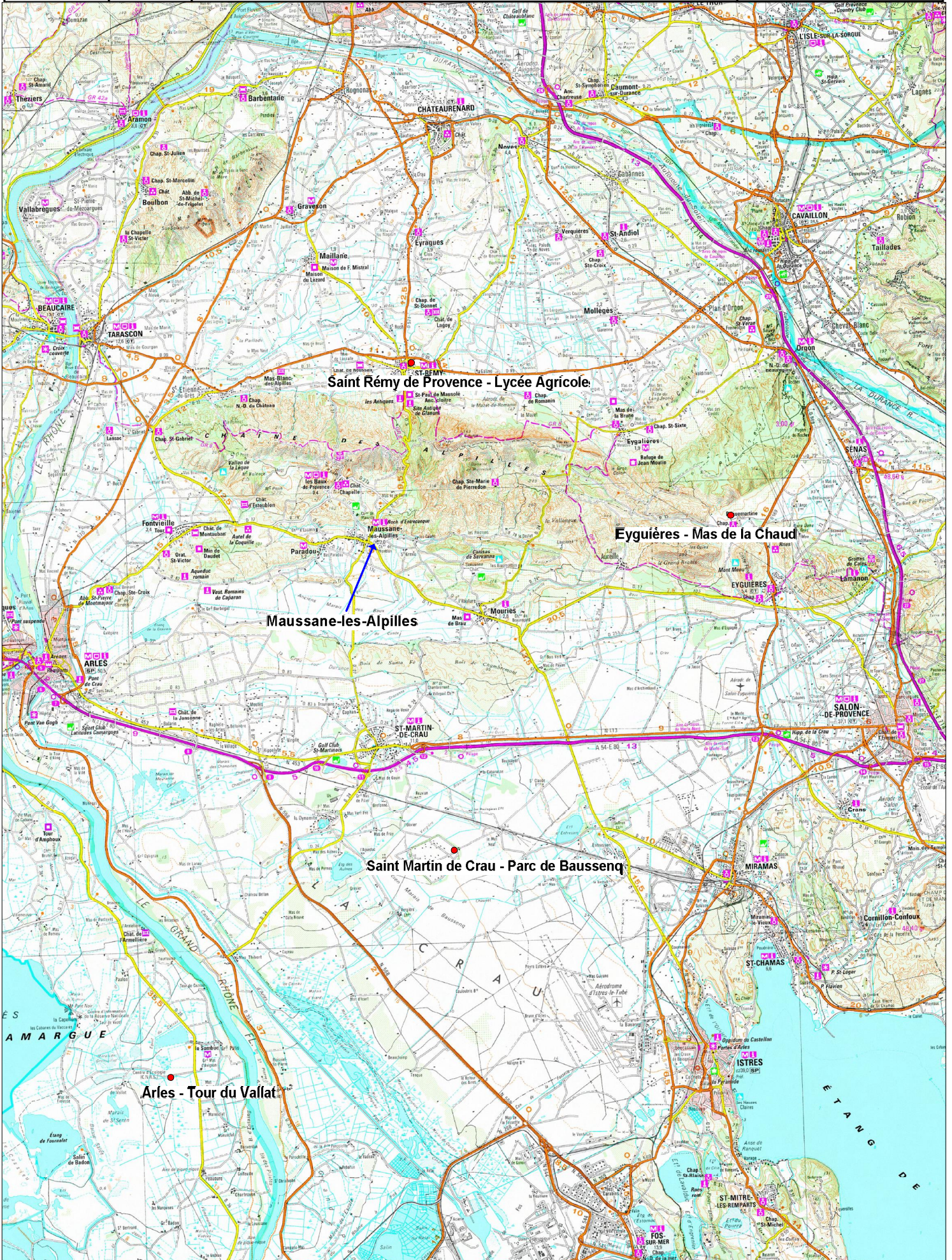
## FIGURE 6 : Localisation des postes pluviométriques

Etude N°HH2143 - IndA - Décembre 2010

Echelle : 1 / 150 000



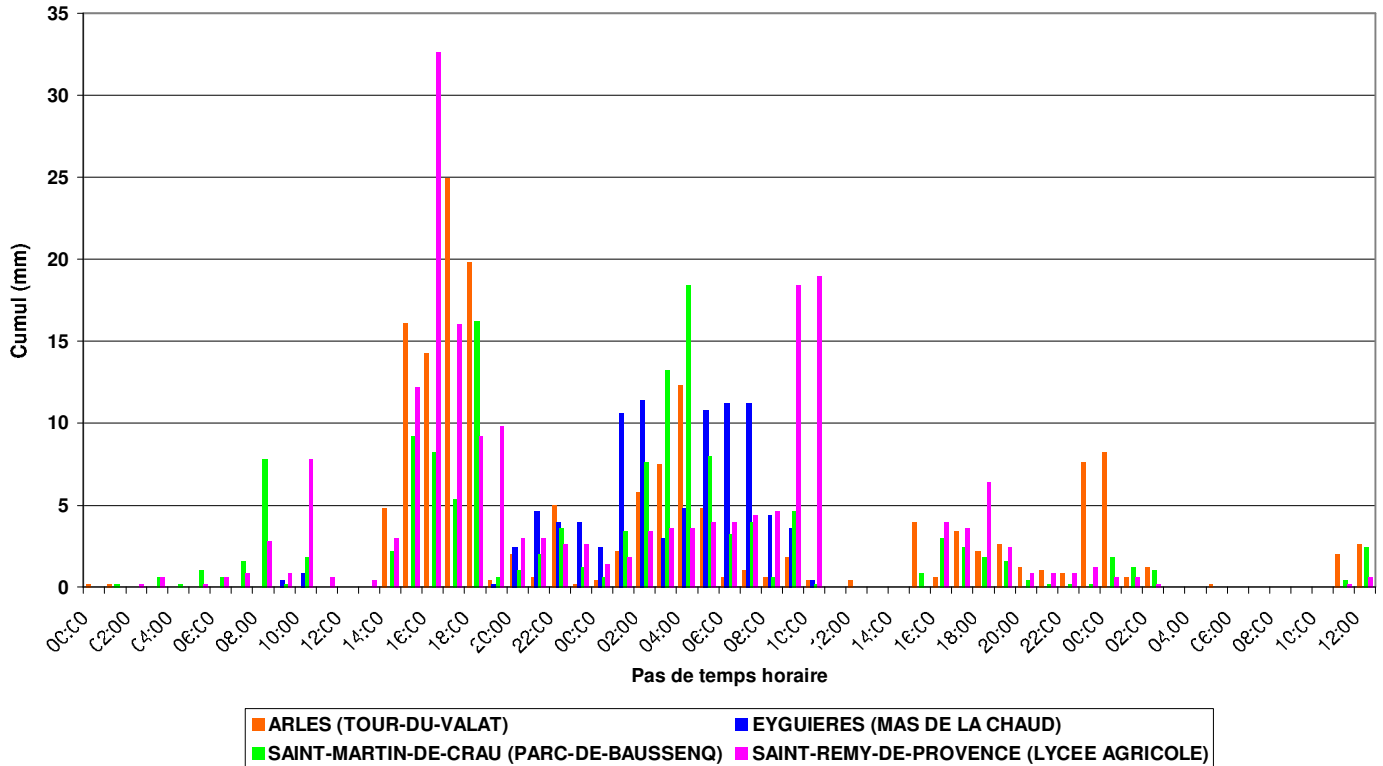
Fond de plan : IGN





Les hyétoigrammes horaires enregistrés à ces quatre stations sont présentés ci-dessous.

Hyétoigrammes de la pluie du 1 au 3 décembre 2003



**FIGURE 7 : HYETOGGRAMMES DE LA PLUIE DU 1 AU 3 DECEMBRE 2003**

On constate sur cette figure que cet événement pluvieux est caractérisé par une longue durée (du 1<sup>er</sup> au 3 décembre). Sur les quatre stations analysées, les cumuls les plus forts ont été mesurés au niveau de la station de Saint-Rémy-de-Provence dans l'après-midi du 1<sup>er</sup> décembre 2003. Cette station est la plus proche géographiquement du secteur d'étude.

En termes de période de retour, les cumuls horaires ne sont pas trop importants, ils correspondent à une période de retour proche de 2 ans. En revanche, sur plusieurs heures et sur plusieurs jours, ces cumuls sont nettement moins fréquents : pour la station de St-Rémy-de-Provence 101 mm en 12 h soit une période de retour comprise entre 10 et 20 ans, 163 mm en 24h soit une période de retour de 50 ans et près de 200 mm en 48h, soit une période de retour comprise entre 50 et 100 ans.

Afin d'estimer les apports au niveau du bassin versant des gaudres traversant la commune de Maussane, les cartographies des isohyètes à un pas de temps horaire ont également été récupérées

auprès de Météo France. La figure ci-après présente un extrait de ces cartographies recueillies. Elles ont permis de reconstituer le hyétogramme de précipitations au niveau de ces bassins versants.

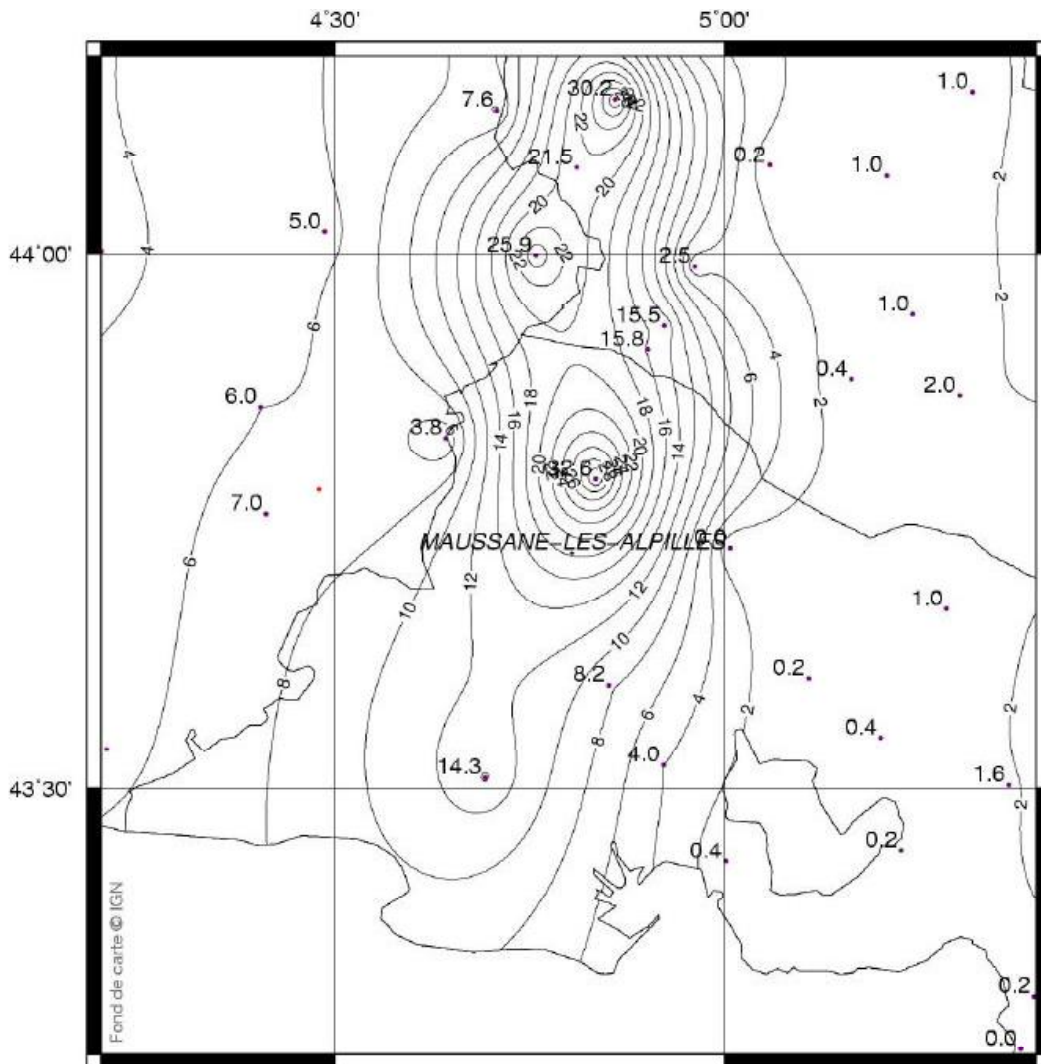
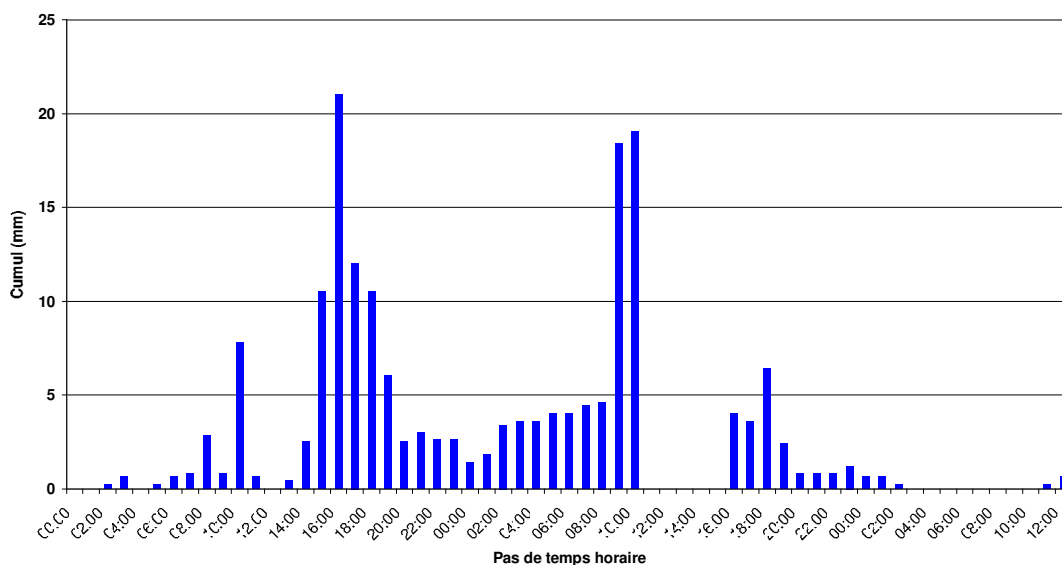


FIGURE 8 : EXTRAIT D'UNE CARTOGRAPHIE DES ISOHYETES DE PRECIPITATION (SOURCE : METEO FRANCE)



**FIGURE 9 : HYETOGRAMME DE PRECIPITATIONS RECONSTITUE AU NIVEAU DE MAUSSANE**

### 3.4. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE

#### 3.4.1. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique drainant le territoire de Maussane-les-Alpilles est composé de plusieurs entités :

Les gaudres, qui correspondent au réseau hydrographique amont drainant les versants sud du massif des Alpilles et les parties urbanisées sur le piémont avant de rejoindre le réseau de roubines et canaux,

Les roubines et canaux, dont le tracé est relativement rectiligne, qui traversent de vastes espaces agricoles. Ces tronçons sont très souvent endigués et dans une configuration en toit du lit mineur,

Le canal de la vallée des Baux, à ne pas confondre avec le canal d'irrigation de la vallée des Baux, qui constitue l'exutoire final des roubines et canaux. Il traverse des zones de marais, des parcelles de cultures. Son tracé est également rectiligne et endigué,

Le canal d'irrigation de la vallée des Baux, géré par une ASA, qui longe la zone de piémont, acheminant d'Est en Ouest les eaux destinées à irriguer les terres agricoles de la vallée (cf. 2.3.3. ). Ce canal ne joue pas le même rôle que les trois entités précédentes. Théoriquement isolé de ces trois autres éléments, les échanges sont néanmoins constatés tant en période d'étiage qu'en crue, par infiltration, ruissellement et via les décharges du canal.

La figure ci-après présente une vue en plan du réseau hydrographique du secteur d'étude.

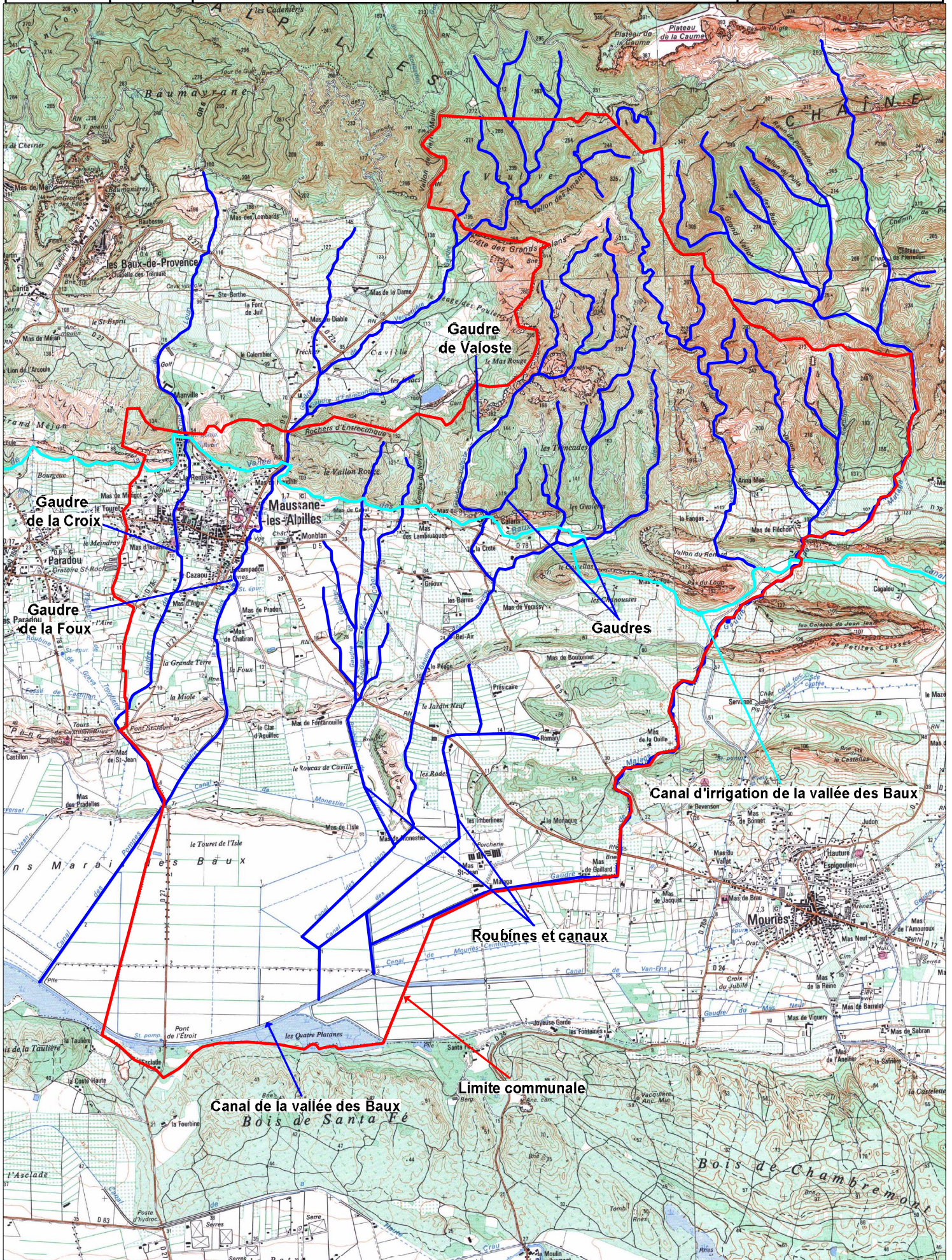
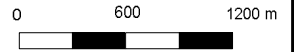
Les trois gaudres qui font l'objet d'une modélisation mathématique dans la présente étude sont les suivants :

Le gaudre de la Croix du Loup ou gaudre de la Croix ou gaudre du Tribble ou gaudre de Maussane. Dans la suite de l'étude nous l'appellerons gaudre de la Croix,

Le gaudre de la Foux ou gaudre de Monblan ou gaudre de Verpetrière. Dans la suite de l'étude nous l'appellerons gaudre de la Foux,

Le gaudre de Valoste.

Les deux premiers gaudres sont les deux principaux cours d'eau traversant les secteurs à enjeux du centre urbain de Maussane-les-Alpilles. Le gaudre de Valoste traverse le hameau des Calans, secteur potentiellement soumis à une ouverture à l'urbanisation pour lequel une pression foncière importante est attendue dans les prochaines années.







### 3.4.2. Bassins versants

Les bassins versants de ces trois gaudres ont été déterminés à partir de la carte IGN. Ils sont présentés sur la figure ci-après.

Les caractéristiques de ces bassins versants sont présentées dans le tableau suivant.

Bassin versant / Nœud de calcul		Croix C1	Croix C2	Croix C3	Foux F1	Foux F2	Foux F3	Valoste V1	Valoste V2
Superficie	km	4.40	5.43	5.71	8.85	9.45	9.76	1.99	2.12
Longueur	km	3.9	5.6	6.8	6.7	8.5	9.2	3.8	4.5
Pente moyenne		6.7	5.2	4.5	5.1	4.4	4.1	6.7	6.0
Pente pondérée		4.8	3.3	2.5	3.6	3.3	2.8	4.4	3.9
Cote exutoire (mini)	m	54	18	7	50	17	9	59	42
Cote maxi	m	313	313	313	390	390	390	315	315
Temps de concentration	h	1.3	1.7	1.9	2.2	2.4	2.5	0.8	1.0

**Tableau 4 : Caractéristiques des bassins versants**

Les paramètres de ruissellement ont été déterminés en fonction de l'occupation du sol, du contexte géologique, et la morphologie des bassins versants (pente).

Dans le cadre de l'étude hydraulique globale (BRLi) du bassin versant sud des Alpilles, les paramètres de ruissellement ont été calés à partir d'abaques, d'analyses hydrométriques disponibles sur les gaudres amont (massif boisé karstique) et de tests de sensibilité.

Les coefficients (CN : Curve Number) retenus dans cette étude sont les suivants :

Classe 1 : zone urbaine et industrielle : 70

Classe 2 : zone de culture : oliviers, vergers, vignes : 65

Classe 3 : Colline karstique et forêt : 48

Classe 4 : zone de piémont hors cultures (paturage, prairie, friches) : 60

Classe 5 : zone des marais et rizières : 85 avec une hypothèse de sols saturés par la nappe

Nous retiendrons dans la présente étude les mêmes coefficients.

