



PRÉFET DES ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE

COMMUNE DE
MANOSQUE

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES

RAPPORT DE PRESENTATION

Approuvé par arrêté préfectoral

n° 2016-293-001

du 19 octobre 2016

SERVICE INSTRUCTEUR
DIRECTION DEPARTEMENTALE DES TERRITOIRES

REALISATION
SOCIETE D'INGENIERIE DES MOUVEMENTS DE SOLS ET DES RISQUES NATURELS
(IMSRN)



Sommaire

I. Préambule	7
II. Aspects réglementaires et délimitation du Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles	9
II.1. Réglementation	9
II.2. Objet du PPR	9
II.3. Procédure d'élaboration du PPR	10
II.4. Aire d'étude et contenu du PPR	10
II.5. Opposabilité	12
III. Présentation de la zone d'étude et de son environnement	15
III.1. Cadre géographique	15
III.2. Occupation du territoire	15
III.3. Contextes géomorphologique, géologique, hydrogéologique, tectonique et sismotectonique	17
III.3.1. Géomorphologie	17
III.3.2. Situation de la zone d'étude dans le contexte géologique régional	17
III.3.3. Lithostratigraphie	21
III.3.3.1. Formations de l'Oligocène inférieur et moyen	21
a) g _{1a} – Marnes gris-bleu	21
b) g _{1b} – Formation de Patatonis	21
c) g _{1M} – Formation de la Mort d'Imbert	21
d) g _{2a} – « Calcaires en plaquettes supérieurs »	21
e) g _{2b} – Marnes et grès de Bois d'Asson	22
f) g _{2c} – Calcaires de Vachères	22
III.3.3.2. Oligocène supérieur	23
g ₃ – Marnes de Viens	23
III.3.3.3. Miocène	24
a) m ₁ – Burdigalien	24
b) m _{2,3} – Vindobonien marin	24
III.3.3.4. Formation de Valensole	25
a) H – La formation affleurante	26
b) R _H – Couverture de galets éluviaux	26
III.3.3.5. Formations du Quaternaire	27
a) U _x – Tufs anciens	27
b) F _x – Alluvions anciennes (Riss) – Moyenne terrasse	27
c) J _y – Cônes de déjection	27
d) P _y – Épandages locaux – Colluvions (Würm)	28
e) R _{yH} – Épandages locaux	28
f) F _y – Alluvions anciennes (Würm) – Basse terrasse	28
g) F _{y-z} – Alluvions de fond de vallons	28
h) F _z – Alluvions récentes	28
i) E – Éboulis	29
j) X – Remblais – Terrils	29
III.3.3.6. Log stratigraphique	30
III.3.4. Hydrogéologie	31
III.3.5. Tectonique	31
III.3.6. Sismotectonique	31
III.4. Contexte climatique	36



III.5. Hydrographie	37
IV. Cartographie informative des phénomènes naturels à risques	39
IV.1. Méthodologie	39
IV.2. Eléments historiques concernant les phénomènes naturels affectent la commune de Manosque	41
V. Phénomènes de mouvements de terrain	51
V.1. Connaissance des phénomènes mouvements de terrain fossiles, historiques et actifs affectant la zone d'étude	51
V.1.1. Typologie des mouvements de terrain	51
V.1.2. Affaissements / Effondrements	52
V.1.2.1. Généralités	52
V.1.2.2. Affaissements / Effondrements sur la zone d'étude	52
V.1.3. Glissements de terrain	59
V.1.3.1. Généralités	59
V.1.3.2. Glissements de terrain sur la zone d'étude	59
V.1.4. Eboulements / Chutes de blocs et de pierres	65
V.1.4.1. Généralités	65
V.1.4.2. Eboulements / Chutes de blocs et de pierres sur la zone d'étude	66
V.1.5. Ravinement	67
V.1.5.1. Généralités	67
V.1.5.2. Ravinement sur la zone d'étude	67
V.1.5.3. Coulées boueuses	68
V.1.6. Retrait-gonflement des argiles	70
V.1.6.1. Généralités	70
V.1.6.2. Approche méthodologique	70
V.1.6.3. Retrait-gonflement sur la zone d'étude	71
V.2. Fiches descriptives des mouvements de terrain	72
V.3. Qualification et cartographie des aléas Mouvements de terrain	74
V.3.1. Définition de l'aléa	74
V.3.2. Démarche	75
V.3.3. Définition des degrés d'aléa et zonage	75
V.3.4. Définition des aléas par phénomène naturel	76
V.3.4.1. Aléa Affaissements / Effondrements	78
V.3.4.2. Aléa Eboulements / Chutes de blocs et de pierres	79
V.3.4.3. Aléa Glissements de terrain / Coulées de boue	80
V.3.4.4. Aléa Ravinement	81
V.3.4.5. Aléa Retrait-gonflement des argiles	82
VI. Phénomènes d'inondation et de crues torrentielles	83
VI.1. Connaissance et cartographie hydrogéomorphologique des phénomènes inondation et crues torrentielles	83
VI.1.1. Démarche – principes méthodologiques	83
VI.1.2. Description du réseau hydrographique de la commune	96
VI.1.2.1. La Durance	96
VI.1.2.2. Torrent de Drouye	99
VI.1.2.3. Torrent de Valveranne	102
VI.1.2.4. Torrent des Cinq Heures	102
VI.1.2.5. Torrent de la Tuilière	102
VI.1.2.6. Ruisseau de Ridau	102
VI.1.3. Cartographie informative : historique des inondations et cartographie hydrogéomorphologique	103
VI.1.3.1. Crues historiques	103
a) Objectifs	103
b) Sources utilisées	103



c) Premières observations _____	104
d) Fréquence et manifestation des crues _____	104
e) Observations générales _____	111
f) Répartition et localisation des événements _____	111
g) Expérience acquise de l'analyse historique _____	113
VI.1.3.2. Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables _____	113
VI.2. Qualification et cartographie de l'aléa Inondation / Crues torrentielles _____	115
VI.2.1. Principes de qualification de l'aléa _____	115
VI.2.1.1. Fonctionnement « naturel » des cours d'eau (niveau 1) _____	115
VI.2.1.2. Incidence des aménagements anthropiques _____	117
a) Les protections et remblais longitudinaux _____	117
b) Les remblais transversaux _____	117
c) Cas du canal EDF _____	117
VI.2.1.3. Prise en compte des zones remblayées _____	118
VI.2.2. Cas particuliers _____	118
VI.2.3. Cartographie de la crue torrentielle sur le torrent de Drouye en aval du canal EDF _____	120
VI.3. Intégration de la modélisation à la cartographie de l'aléa Inondation / Crues torrentielles _____	122
VI.3.1. Synthèse sur la qualification de l'aléa Inondation / Crues torrentielles sur la commune de Manosque _____	123
VI.4. Remarques sur la précision de la cartographie de l'aléa Inondation / Crues torrentielles _____	125
VII. Résultats : délimitation et cartographie de l'aléa _____	127
VII.1. Aléa Affaissements / Effondrements _____	127
VII.2. Aléa Eboulements / Chutes de blocs et de pierres _____	127
VII.3. Aléa Glissements de terrain _____	127
VII.4. Aléa Ravinement _____	127
VII.5. Aléa Retrait-gonflement des argiles _____	127
VII.6. Aléa Inondation / Crues torrentielles _____	128
VIII. Principaux enjeux et vulnérabilité _____	129
VIII.1. Synthèse de l'occupation du sol _____	129
VIII.2. Vulnérabilité _____	129
IX. Zonage du PPR _____	131
IX.1. Traduction des aléas en zonage réglementaire _____	131
IX.2. Nature des mesures réglementaires _____	135
IX.2.1. Bases légales _____	135
IX.2.2. Mesures individuelles _____	135
IX.2.3. Mesures d'ensemble _____	135
X. Bibliographie _____	137
Annexes _____	139
Annexe 1 : Fiches descriptives des mouvements de terrain _____	141
Annexe 2 : Cartes des événements historiques (inondations) _____	143
Annexe 3 : Arrêté préfectoral de prescription du PPR _____	145
Annexe 4 : Arrêté préfectoral d'approbation du PPR _____	147



I. PREAMBULE

La commune de Manosque se situe dans le Sud-Ouest du département des Alpes-de-Haute-Provence, entre la Durance et les contreforts du Lubéron.

De par cette situation, la commune est exposée à de nombreux risques naturels : inondations, mouvements de terrains (affaissements / effondrements, chutes de blocs et de pierres, glissements de terrain et ravinements), feux de forêt et activité sismique.

Ces différents phénomènes naturels, pouvant avoir des conséquences diverses sur l'intégrité des biens et des personnes, représentent un risque reconnu comme tel par la loi N° 2004-811 du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile et le code de l'environnement (Articles L. 562-1 à L. 563-1).

C'est dans une optique de protection des personnes et des biens que la DDT des Alpes-de-Haute-Provence a chargé la société **IMS_{RN}** de réviser l'actuel Plan de Prévention des Risques (Multirisque) de la commune de Manosque, approuvé le 24 avril 1997



II. ASPECTS REGLEMENTAIRES ET DELIMITATION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES

II.1. Réglementation

Les Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR) ont été institués par la loi N° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt et à la prévention des risques majeurs, abrogée par la loi N° 2004-811 du 13 août 2004 relative au renforcement de la protection de l'environnement. Leur contenu et leur procédure d'élaboration ont été fixés par le décret N° 95-1089 du 5 octobre 1995, modifié par le décret N° 2005-3 du 4 janvier 2005.

Le mécanisme d'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles est régi par la loi N° 82-600 du 13 juillet 1982. Les contrats d'assurances garantissent les assurés contre les effets des catastrophes naturelles, cette garantie étant couverte par une cotisation additionnelle à l'ensemble des contrats d'assurance dommage et à leur extension couvrant les pertes d'exploitation.

En contre partie, et pour la mise en œuvre de ces garanties, les assurés exposés à un risque ont à respecter certaines règles de prescriptions fixées par le PPR, leur non respect pouvant entraîner une suspension de la garantie dommages ou une atténuation de ses effets (augmentation de la franchise).

Les PPR, sont établis par l'Etat et ont valeur de servitude d'utilité publique. Ils sont opposables à tout mode d'occupation ou d'utilisation du sol. Les documents d'urbanisme (Plan d'Occupation des Sols, Plan de Zone) doivent respecter leur disposition et les comportent en annexe. Par ailleurs, les constructions, ouvrages, cultures et plantations existant antérieurement à la publication du PPR peuvent être soumis à l'obligation de réalisation de mesures de protection.

Ils traduisent l'exposition aux risques de la commune dans l'état actuel et sont susceptibles d'être modifiés si cette exposition devait être sensiblement modifiée à la suite de travaux de prévention de grande envergure.

Les PPR ont pour objectifs une meilleure protection des biens et des personnes, et une limitation du coût pour la collectivité de l'indemnisation systématique des dégâts engendrés par les phénomènes.

II.2. Objet du PPR

Les PPR, ont pour objet, en tant que besoin (Article 66 de la loi N° 2003-699 du 30 juillet 2003 et du code de l'environnement L. 562-1) :

- De délimiter des zones exposées aux risques en fonction de leur nature et de leur intensité. Dans ces zones, les constructions ou aménagements peuvent être interdits ou admis avec prescriptions.
- De délimiter des zones non directement exposées aux risques, mais dans lesquelles toute construction ou aménagement pourrait aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux.
- De définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde incombant aux collectivités publiques et aux particuliers.



- De définir les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions (ou ouvrages) existants devant être prises par les propriétaires exploitants ou utilisateurs concernés.

II.3. Procédure d'élaboration du PPR

Elle résulte du décret N° 95-1089 du 5 octobre 1995 modifié par le décret N° 2005-3 du 4 janvier 2005. L'Etat est compétent pour l'élaboration et la mise en oeuvre du PPR.

La procédure comprend plusieurs phases :

- Le préfet prescrit par arrêté la mise à l'étude du PPR et détermine le périmètre concerné, ainsi que la nature des risques pris en compte. Cet arrêté est notifié aux maires des communes dont le territoire est inclus dans le périmètre. Le projet de plan est établi sous la conduite d'un service déconcentré de l'État désigné par l'arrêté de prescription.
- Le projet de plan de prévention des risques naturels prévisibles est soumis à l'avis des conseils municipaux des communes sur le territoire desquelles le plan sera applicable.
- Si le projet de plan concerne des terrains agricoles ou forestiers, les dispositions relatives à ces terrains sont soumises à l'avis de la chambre d'agriculture et du centre régional de la propriété forestière.
- Le projet de plan est soumis par le préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles R. 123-1 à 23 du Code de L'Environnement.
- A l'issue de ces consultations, le plan éventuellement modifié pour tenir compte des avis recueillis, est approuvé par arrêté préfectoral. Cet arrêté fait l'objet d'une mention au Recueil des actes administratifs de l'Etat dans le département, ainsi que dans deux journaux régionaux ou locaux diffusés dans le département. Une copie de l'arrêté est affichée dans chaque mairie sur le territoire de laquelle le plan est applicable pendant un mois au minimum. Le plan approuvé par le préfet est tenu à la disposition du public en préfecture et dans chaque mairie concernée. Le PPR est annexé au POS (article L126.1 du code de l'urbanisme).
- Un PPR peut être révisé, au vu de l'évolution du risque ou de sa connaissance, totalement ou partiellement selon la même procédure et dans les mêmes conditions que son élaboration initiale (article L562-4-1 I. du code de l'environnement). Il peut également être modifié selon une procédure simplifiée prévue par le code de l'environnement (article L562-4-1 II. du code de l'environnement).

II.4. Aire d'étude et contenu du PPR

Le périmètre d'étude se limite exclusivement à la commune de Manosque [*Fig. 1*].

Le zonage, quant à lui, ne concernera que les parties du territoire représentant des enjeux socio-économique importants. Ces zones seront définies en concertation avec le service instructeur et les élus.

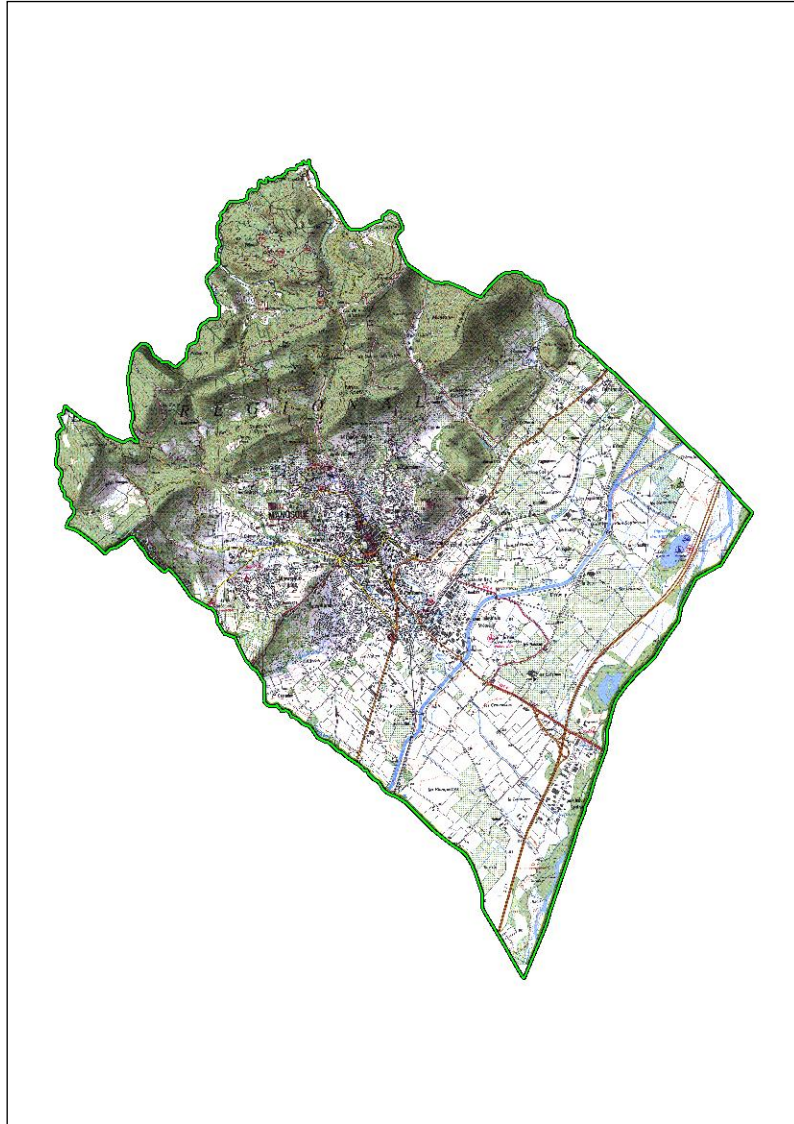


Figure 1 : Etendu de la zone d'étude [Source : IMS_{RN}]

Le dossier comprend :

1. Le présent rapport de présentation qui indique le secteur géographique concerné par l'étude, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles sur l'activité et les biens dans la commune compte tenu de l'état de connaissance.
2. Le plan de zonage, document graphique délimitant :
 - Les zones exposées aux risques en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru.
 - Les zones non directement exposées aux risques mais où les aménagements pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux. Ces zones sont communément classées en :
 - zones très exposées : zones rouges,



- zones moyennement exposées : zones bleues,
 - zones faiblement exposées : zones blanches.
3. Le règlement : il détermine, en considérant les risques, les conditions d'occupation ou d'utilisation du sol dans les zones rouges ou bleues.
- En zone rouge : toute construction ou implantation est en principe interdite, à l'exception de celles figurant sur la liste dérogatoire du règlement particulier en zone rouge.
 - En zone bleue : Le règlement de zone bleue énumère les mesures destinées à prévenir ou à atténuer les risques ; elles sont applicables aux biens et activités existants à la date de publication du P.P.R., ainsi qu'aux biens et activités futures. Ces mesures peuvent être rendues obligatoires dans un délai de 5 ans, pouvant être réduit en cas d'urgence. En outre, les travaux de mise en conformité avec les prescriptions de zone bleue du P.P.R. ne peuvent avoir un coût supérieur à 10% de la valeur vénale du bien concerné, à la date d'approbation du Plan.
4. Une annexe constituée par :

- Les documents cartographiques Annexes
 - La carte informative des mouvements de terrains
 - Les cartes des aléas mouvements de terrain et de leurs qualifications
 - La carte des enjeux et de vulnérabilité

La carte informative et la carte des aléas sont des documents destinés à expliquer le plan de zonage réglementaire. Ils ne présentent aucun caractère réglementaire et ne sont pas opposables aux tiers. En revanche, ils décrivent les phénomènes susceptibles de se manifester sur la commune et permettent de mieux appréhender la démarche qui aboutit au plan de zonage réglementaire.

- Autres Annexes
 - Eléments historiques concernant les désordres liés aux mouvements de terrains
 - Législation : textes et décrets applicables pour le PPR

II.5. Opposabilité

Le PPR est opposable aux tiers dès l'exécution de la dernière mesure de publicité de l'acte l'ayant approuvé.

Les zones bleues et rouges définies par le PPR, ainsi que les mesures et prescriptions qui s'y rattachent, valent servitudes d'utilité publique (malgré toute indication contraire du POS s'il existe) et sont opposables à toute personne publique ou privée.

Dans les communes dotées d'un POS, les dispositions du PPR doivent figurer en annexe de ce document. En cas de carence, le Préfet peut, après mise en demeure, les annexer d'office (art. L. 126-1 du Code de l'Urbanisme).



En l'absence de POS, les prescriptions du PPR prévalent sur les dispositions des règles générales d'urbanisme ayant un caractère supplétif.

Dans tous les cas, les dispositions du PPR doivent être respectées pour la délivrance des autorisations d'utilisation du sol (permis de construire, lotissement, camping, ...).



III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET DE SON ENVIRONNEMENT

III.1. Cadre géographique

La commune de Manosque se situe dans le SW du département des Alpes-de-Haute-Provence, dans la région PACA, à 60 km au SW de Digne-les-Bains [Fig. 2].

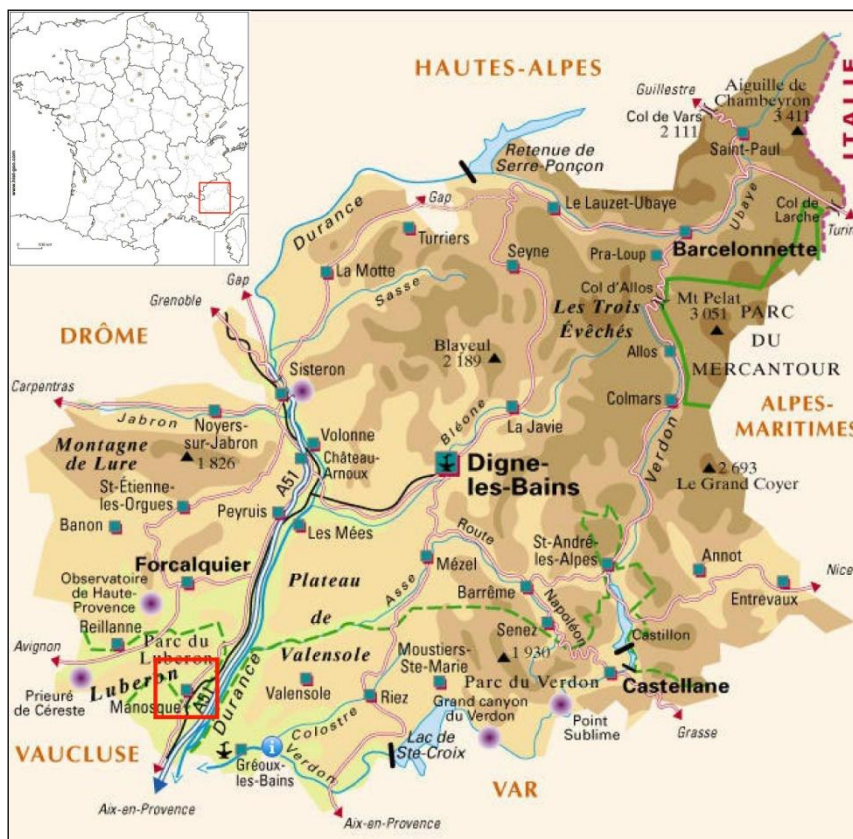


Figure 2 : Localisation de la zone d'étude [Source : IMS_{RN}]

III.2. Occupation du territoire

La commune de Manosque s'étend sur 56,73 km² et compte 21300 habitants (en 2005).

On peut la décomposer en trois unités :

- La plaine de la Durance, qui occupe la moitié SE du territoire communal. Elle est en grande partie couverte de zones agricoles : culture de céréales, de féculents, d'arbres fruitiers, ... Deux zones industrielles y sont également présentes, ainsi que l'autoroute A51 et le canal EDF.
- Le centre, situé entre les reliefs au Nord et la ligne de collines bordant la plaine de la Durance. On y trouve le centre-ville ancien, encadré par une rocade, et les extensions de l'agglomération (essentiellement des quartiers résidentiels sur versants). On y trouve également des zones agricoles.



- Les reliefs du Lubéron occupent le tiers Nord de la commune. Une partie de ce secteur étant utilisée pour le stockage souterrain d'hydrocarbures liquides et gazeux (engendrant un périmètre de sécurité), ces reliefs sont dénués de toute habitation. [Fig. 3].



Figure 3 : Occupation du territoire [Source : IMS_{RN}]



III.3. Contextes géomorphologique, géologique, hydrogéologique, tectonique et sismotectonique

III.3.1. Géomorphologie

La commune de Manosque est constituée par quatre ensembles géomorphologiques [Fig. 4] :

- La plaine de la Durance, à une altitude moyenne de 300 m, qui occupe la moitié sud-est du territoire communal. ;
- Des premiers reliefs, formés par le Bois d'Agut, le Bois Hospitalier, et le Bois Premier, par le Mont d'Or (529 m d'altitude) et la colline surmontée par la chapelle St Pancrace, alignés sur un axe NE-SO. Ceux-ci sont incisés par de nombreux affluents de la Durance ;
- Un troisième ensemble d'altitude plus basse (450 m) sépare ces collines des grands reliefs au Nord. Il est relativement étroit au nord-est et s'élargit vers le sud-ouest ;
- Enfin, les plus grands reliefs occupent le tiers nord du territoire communal. Ils s'étirent dans la même direction que les autres ensembles : NE-SO. Les plus hauts monts culminent à 730 m (Colline de Pimayon).

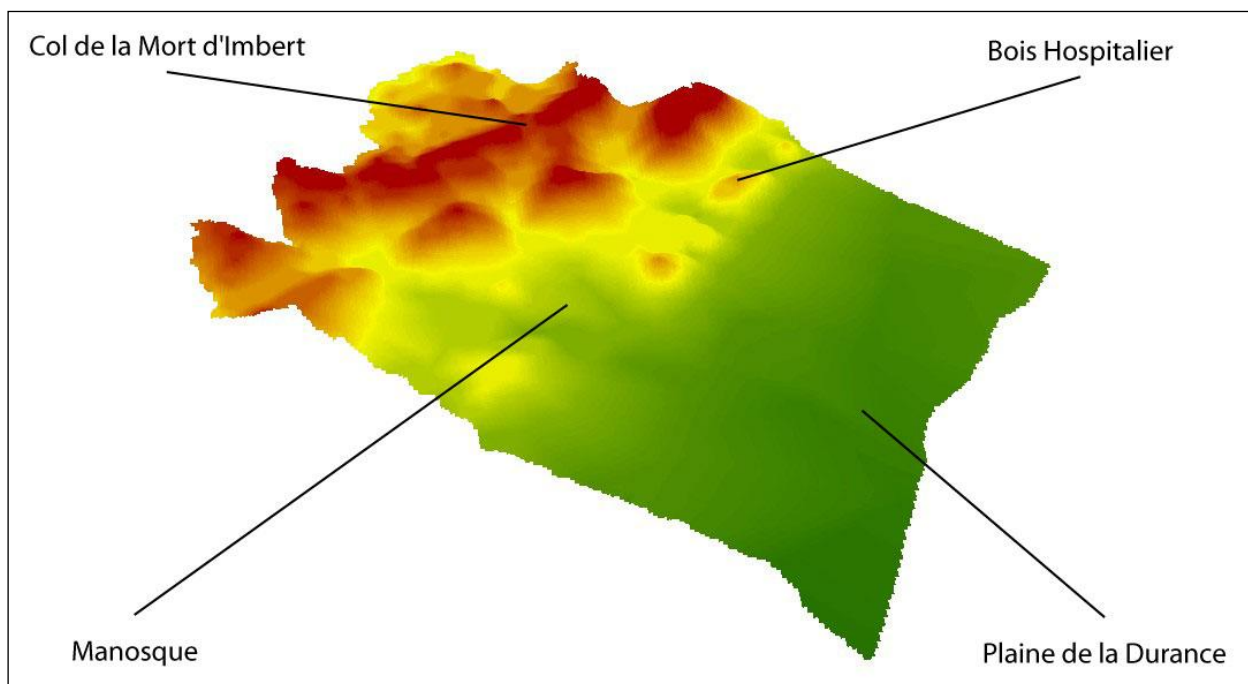


Figure 4 : Modèle Numérique de terrain (MNT) de la zone d'étude [Source : IMS_{RN}]

III.3.2. Situation de la zone d'étude dans le contexte géologique régional

La région étudiée marque la transition entre deux domaines géologiques distincts : le Massif du Lubéron et la vaste plaine de la Durance [Fig. 5].



- Le Massif du Luberon qui s'étend d'Est en Ouest sur une soixantaine de kilomètres, entre Cavaillon et Manosque, est constitué d'un empilement de roches sédimentaires ayant subi deux phases tectoniques majeures à l'Eocène (compression pyrénéo-provençale) et au Miocène.

Ces épisodes tectoniques ont conduit à la mise en place de deux grands anticlinaux qui constituent le Petit Lubéron (à l'Ouest) et le Grand Lubéron (à l'Est).

En son extrémité orientale, le massif meurt en un anticlinal où les strates d'âge Oligocène localement érodées laissent apparaître le Crétacé.

- La vallée de la Durance est limitée en rive gauche par une faille (Faille de la Moyenne Durance) qui a rejoué à chaque phase tectonique depuis le Trias et qui sépare actuellement le plateau de Valensole de la plaine Durancienne. En rive droite les alluvions de la Durance et de ses affluents viennent draper les dépôts miocènes et les colluvions provenant du démantèlement des reliefs crétacés ou oligo-miocènes. De Manosque à Volx, plusieurs cônes de déjection largement développés recouvrent indifféremment les colluvions ou les alluvions.

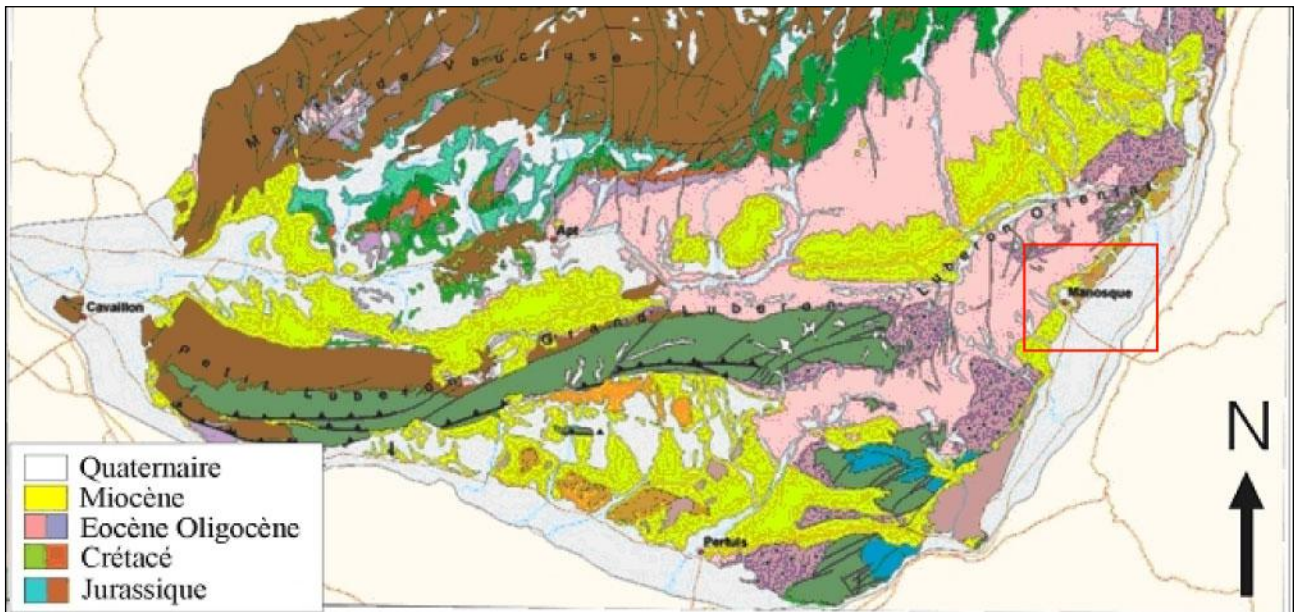


Figure 5 : Cadre géologique du Massif du Lubéron

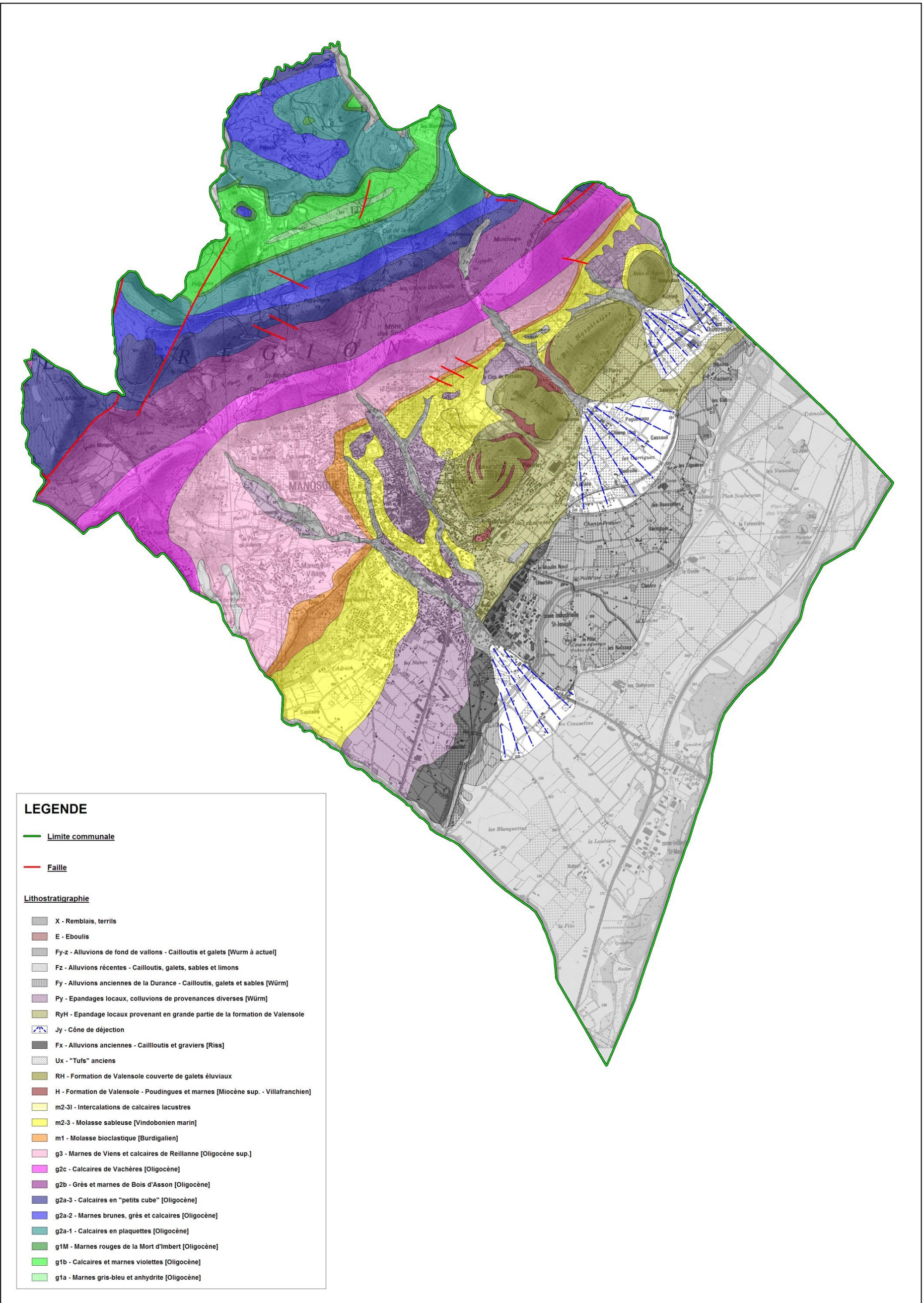


Figure 6 : Cadre géologique local : Lithologie et failles sur la zone d'étude [Source : IMS_{RN}]



III.3.3. Lithostratigraphie

D'après les cartes géologiques de Manosque (n° 969, BRGM) et Reillanne (n° 968, BRGM), on observe sur la zone d'étude – du plus ancien au plus récent – les formations suivantes [Fig. 6].

III.3.3.1. Formations de l'Oligocène inférieur et moyen

a) g_{1a} – Marnes gris-bleu

Bien développée dans l'axe de l'anticlinal, au N-NW de Manosque, une série (g_{1a}) visible sur 90 m environ, comprend des marnes gris-bleu, en partie bitumineuses, avec lits gréseux, surmontées par des marnes à plaquettes ferrugineuses, puis par des marnes ocre, sableuses, et des grès tendres. Des sondages ont révélé sous cette formation une puissante série salifère (anhydrite et sel gemme), en partie bitumineuse, de plus de 1000 m d'épaisseur, sans que le socle crétacé soit atteint de façon certaine. Il n'est pas exclu que la partie profonde de cette série corresponde à une injection diapirique triasique dans l'axe de l'anticlinal.

b) g_{1b} – Formation de Patatonis

Au-dessus d'un banc-repère de marnes sableuses rouges, associées à des grès, se développe un ensemble de marnes sableuses, violettes, avec grès micacés et schistes bitumineux (20m), puis des alternances de calcaires asphaltiques en gros bancs et de marnes sableuses (60 m) et enfin des alternances de calcaires finement feuilletés ou papyracés, violacés ou verdâtres, et de marnes ocre-jaunes (40 m).

c) g_{1M} – Formation de la Mort d'Imbert

Le Sannoisien se termine au sommet par deux assises de marnes rouges épaisses de 8 à 10 m, très constantes et séparées par 7 à 8m d'argiles bleues, autrefois exploitées pour la fabrication des tuiles. Au-dessus du niveau rouge supérieur vient une assise gypseuse massue, mais lenticulaire, anciennement exploitée à l'Est du col de la Mort d'Imbert.

Vers l'Est, le Sannoisien disparaît rapidement et le Stampien repose directement sur le Crétacé de l'anticlinal de Voix.

d) g_{2a} – « Calcaires en plaquettes supérieurs »

Cette formation débute, à la base (g_{2-a1}) par des calcaires en plaquettes, se débitant en petits cubes, souvent très ondulés en raison de l'intercalation de couches gypseuses. Epaisseur : 200 à 250m.

Au-dessus (g_{2-a2}) viennent des marnes micacées, brun-sépie, beaucoup moins colorées que celles de « Bois d'Asson » (g_{2b}) avec bancs gréseux, et vers la base, quelques niveaux de calcaires blancs à polygones de dessiccation, par exception non bitumineux. Un banc de calcaires feuilletés à Poissons (*Smerdis macrurus*) dans la partie moyenne de l'assise. Epaisseur : 200 m environ.

Les formations g_{2-a1} et g_{2-a2} sont envahies, vers l'Est, par de puissantes mégabrèches constituant les crêtes de Bellevue à Volx et qui reposent directement en discordance sur le Crétacé inférieur de la boutonnière anticlinale. Ces brèches sont formées exclusivement de blocs de calcaires de



l'Hauterivien supérieur et du Barrémien ; de ce fait et aussi par suite de la présence de klippes sédimentaires de calcaire barrémien, elles ont été longtemps confondues avec le Barrémien lui-même.

Le terme le plus élevé (g_{2-a3}) est constitué par une série de calcaires quelquefois asphaltiques en petites plaquettes épaisses de quelques centimètres et de rares bancs de marnes très colorées.

Lignites au sommet (faisceau « Gras » ou du « Collet rouge » de Dauphin). A la base, gypses peu épais donnant des cargneules à l'affleurement. Epaisseur moyenne : 200 à 300 mètres.

Ces calcaires sont envahis vers l'Est par des éléments détritiques : dans le flanc nord, ils passent rapidement, au niveau de la vallée du Largue, à des grès et conglomérats et dans le flanc sud, ils admettent, près de Volx, des passées bréchiques augmentant sensiblement les épaisseurs indiquées.

e) g_{2b} – Marnes et grès de Bois d'Asson

Marnes très sableuses et grès bruns parfois conglomératiques. Rares bancs calcaires à la partie supérieure. Niveau gypseux et sulfureux à Biabaux (feuille Reillanne), passant latéralement à des marnes sableuses rouges. De nombreuses couches de lignites gras, sulfureux et bitumineux, ont été exploitées (Mines de Gaude et du Bois d'Asson) - Epaisseur : 300 à 500 mètres. A l'Est du Bois d'Asson, le Stampien est envahi par le faciès conglomératique.

f) g_{2c} – Calcaires de Vachères

Importante formation essentiellement calcaire comportant, de bas en haut, trois ensembles d'épaisseur à peu près égale :

- calcaires en plaquettes avec schistes bitumineux et, à la base, lignites (Mine de Gaude) ;
- calcaires argileux et calcaires feuilletés, donnant dans la topographie, une zone déprimée ;
- calcaires en gros bancs, avec minces intercalations de marnes grises, et faune d'eau douce : *Limnaea pachygaster*, *Potamides margaritaceus*, *Planorbis cornu*.

L'épaisseur totale est de l'ordre de 300 mètres.

Dans le flanc nord de l'anticlinal de Volx, à l'Est de Bois d'Asson, les calcaires de Vachères passent latéralement à des marnes rutilantes, des grès et des conglomérats. Dans le flanc sud, ils comportent, vers Volx, des passées bréchiques et des klippes sédimentaires de marno-calcaires hauteriviens et de calcaires barrémiens (ravin de la Tuilerie).



Figure 7 : Calcaires de Vachères (Versant WSW de la Colline de Pimayon) [Source : IMS_{RN}]

III.3.3.2. *Oligocène supérieur*

g3 – Marnes de Viens

Bien visibles dans la carrière de la Tuilerie de Manosque, ce sont des argiles sableuses grises, avec quelques lits de calcaires en plaquettes et un faisceau de lignites à la base (Dauphin et Manosque). Les *Calcaires de Reillanne*, bien développés entre Céreste et Forcalquier, (feuilles Reillanne, Sault-de-Vaucluse et Forcalquier) n'apparaissent ici que sous une puissance de quelques mètres sous la molasse burdigalienne du flanc nord de l'anticlinal.

L'épaisseur varie de 180 m à l'Ouest, à plus de 1 000 m au méridien de Tourrache sur le flanc nord de l'anticlinal de Volx, tandis que sur le flanc sud, elle devient apparemment nulle sous la transgression molassique.

Dans le flanc nord, les marnes de Viens englobent à l'Est de Tourrache un chapelet d'une dizaine de klippes sédimentaires de marno-calcaires hauteriviens.

Dans le même temps, elles sont progressivement envahies vers l'Est par des conglomérats de plus en plus abondants et grossiers tandis qu'elles montrent des teintes rutilantes.



Figure 8 : Marnes de Viens (Versant SW de la Colline de Pimayon) [Source : IMS_{RN}]

III.3.3.3. *Miocène*

a) m₁ – Burdigalien

Incomplet par rapport à celui des bassins de Forcalquier et de Carpentras ; représenté seulement ici par la partie supérieure de l'étage. C'est une calcirudite bioclastique à *Chlamys praescabriuscula*, *Pecten latissimus* et Bryozoaires. Par suite du redressement des couches, en rive droite de la Durance, au Nord de Manosque, le Burdigalien forme une barre en saillie (*hog's bag*). Sur le flanc nord de l'anticlinal, vers Dauphin et Saint-Maime, il donne une petite cuesta. Epaisseur : 5 m dans le flanc sud, mais bien plus importante dans le flanc nord (30 m).

b) m₂₋₃ – Vindobonien marin

Par suite du recouvrement colluvial, l'observation est difficile. Cependant, deux unités peuvent être distinguées. A la base, argiles calcaires bleues, marnes sableuses grises et sables glauconieux. La faune y est rare. Au sommet, en légère discordance, marnes sableuses avec intercalations de calcarénites roussâtres fossilifères : *Chlamys*, *Cardium*, Balanes, terriers. La faune de Cabrières d'Aygues, qui caractérise le Tortonien marin n'a pas été retrouvée ici, mais la microfaune, bien que rare, semble permettre de dater la base de la série de l'Helvétien et le sommet du Tortonien, sans que l'on puisse séparer cartographiquement les deux étages.



On ne trouve le Vindobonien marin qu'en rive droite de la Durance. Son épaisseur est de l'ordre de 200 mètres.

Au sein de cette formation, apparaissent, entre Manosque et Volx, des intercalations, puissantes de 2 à 5 m, de calcaires lacustres (m_{2-3l}) blancs, très fins, à rares *Helix galloprovincialis*, que l'on peut rapprocher des intercalations analogues connues près de Mirabeau (feuille Pertuis).

On observe également un faciès de brèches à éléments de calcaires lacustres oligocènes, de molasses miocènes et de sables marneux indurés. Il apparaît en trois points : au Colombier (NE de Manosque), en rive gauche du ravin de Valveranne et dans le vallon de la Tuilerie.

III.3.3.4. Formation de Valensole

C'est une vaste accumulation de matériaux détritiques, marnes, graviers et galets, mise en place par d'anciennes circulations fluviales. L'âge de ces dépôts est mio-plio-quadernaire : ils surmontent le Tortonien supérieur lacustre et sont datés à leur partie supérieure, sur la feuille Moustiers-Sainte-Marie par une faune de Mammifères et de Micromammifères du Pliocène supérieur (Puimoisson) et du Villafranchien (Ségrès).

Aucun gisement fossilifère n'a pu être mis en évidence dans ces séries sur la feuille Manosque.

On a distingué cartographiquement :

- la formation affleurante (H),
- le niveau sommital (H_1) [*formation absente de la zone d'étude*],
- les lentilles de limons et de marnes rouges (H_2) [*formation absente de la zone d'étude*],
- la formation couverte de galets éluviaux (R_H).



Figure 9 : Formation de Valensole (Versant S du Bois Hospitalier) [Source : IMS_{RN}]

a) H – La formation affleurante

On ne voit pratiquement affleurer que des lentilles de matériaux graveleux grossiers, de un à plusieurs mètres d'épaisseur, représentant les produits d'épandage d'anciennes rivières à forte compétence. Ces matériaux sont visibles essentiellement sur les flancs abrupts des talus ou en bordure des routes, chaque fois que des actions érosives ou des travaux fournissent une coupe nette. Partout ailleurs, ils sont masqués par la couverture éluviale ou colluviale. L'abondance de cette couverture n'a pas permis de faire des corrélations entre deux thalwegs voisins, ce qui aurait pu faciliter la reconstitution du tracé des anciens chenaux sur des distances appréciables.

b) R_H – Couverture de galets éluviaux

Elle intéresse la plus grande partie du plateau. Hormis les entailles profondes pratiquées par l'Asse, le Verdon et la Durance, la topographie très adoucie ne permet pas de rencontrer le poudingue en place.

L'épaisseur de cette couverture est en général assez faible, mais toutefois suffisante pour masquer les conglomérats ou les lentilles marneuses sous-jacentes.

En résumé, dans cet ensemble de lentilles conglomératiques superposées, intriquées avec des formations marneuses, et que l'on peut observer sur 260 m d'épaisseur au NE de la feuille,



l'absence générale de faune et de microfaune n'a pas permis d'établir une échelle chronostratigraphique.

Toutefois, son étude détaillée a permis de mettre en évidence deux unités qui ont été définies sur la rive droite de la Durance.

1. Une « unité inférieure » comprenant des conglomérats concordants sur le Tortonien supérieur marin fossilifère. Elle est visible au NE de Manosque, dans le ravin de Valveranne, dans le ravin de la Tuilerie et en rive droite du Lauzon.
2. Une « unité supérieure » discordante dont le pendage n'excède pas 15° SE. A la base de cette unité supérieure, une coupe relevée à Font-Royer, 1 km 500 au NW de Villeneuve, montre des formations meubles, fines, marno-sableuses variées. C'est à cette unité qu'appartiennent tous les affleurements de la région située à l'Est de la Durance.

A l'échelle de la carte, il n'a pas été possible de différencier ces deux unités qui correspondent sans doute à la « double nappe fluviatile de conglomérats impressionnés », reconnue dans la basse Durance (G. Demarcq, 1960).

III.3.3.5. Formations du Quaternaire

a) Ux – Tufs anciens

Des placages de tufs ou travertins s'observent au confluent du Colostre et du Verdon ; ils sont liés à un horizon marneux imperméable de l'Hauterivien.

Entre Manosque et Volx, des lentilles marneuses interstratifiées dans la molasse vindobonienne déterminent également de petites résurgences avec placages travertineux (ravin de Valveranne).

b) Fx – Alluvions anciennes (Riss) – Moyenne terrasse

Cailloutis et graviers de grande taille, hétérogènes (éléments cristallins et sédimentaires). Les galets calcaires repris des conglomérats de Valensole sont plus abondants que dans le matériel de la basse terrasse.

En rive gauche de la Durance, on suit cette terrasse de manière continue, depuis le Pas d'Igute jusqu'au lieu-dit Pontoise, en face de Sainte-Tulle. Au Pas d'Igute, sa surface est à 50 m au-dessus du lit actuel. A Pontoise, elle n'est plus qu'à 40 mètres. Au-delà, vers le Sud, elle est ennoyée sous les colluvions Ry_H.

Sur la rive droite, la moyenne terrasse est visible d'une manière plus discontinue. Elle est souvent masquée par les colluvions et par les cônes de déjection bien développés entre Manosque et Voix.

c) Jy – Cônes de déjection

A l'Est de la Durance, on les observe au confluent des thalwegs qui entaillent le plateau et des vallées actuelles. Ils sont constitués exclusivement de galets de Valensole transportés par des cours d'eau temporaires, au profil en long de type torrentiel.

En rive droite de la Durance, ils sont largement développés et formés de matériaux plus variés. Aux cailloutis conglomératiques, s'ajoutent des débris calcaires crétacés ou oligocènes et une plus grande abondance de marnes. Ils recouvrent indifféremment les épandages locaux (Ry_H ou Py), la



moyenne terrasse Fx ou la basse terrasse Fy. Localement, ils sont recoupés par les alluvions récentes Fz, (ravin de Drouye, au Sud de Manosque).

d) Py – Épandages locaux – Colluvions (Würm)

Limons sableux et cailloutis en provenance des reliefs crétacés ou oligo-miocènes ; ce matériel, peu évolué, a été mis en place au Würm et se rencontre essentiellement en rive droite de la Durance, ou dans la vallée du Verdon, autour de Gréoux.

e) Ry_H – Épandages locaux

Analogue à la formation précédente, la distinction a été motivée essentiellement par la nature du matériel, non plus marno-caillouteux, mais graveleux. C'est une accumulation de galets provenant de la dégradation des conglomérats de la formation de Valensole.

Ils sont particulièrement développés : en rive droite de la partie aval de la vallée de l'Asse, au-dessus de la terrasse wurmienne Fy ; en rive gauche de la Durance, au Sud de Rousset ; en rive droite de la Durance, à l'amont de Manosque ; en rive droite du Verdon, autour de Montpezat.

f) Fy – Alluvions anciennes (Würm) – Basse terrasse

Cailloutis et graviers d'assez grande taille (jusqu'à 25 cm). De nature essentiellement cristalline ou métamorphique, ces matériaux proviennent en majorité des massifs alpins centraux. Les calcaires sont peu abondants. Le ciment sablo-limoneux renferme de nombreux minéraux d'origine alpine : épidote, glaucophane, sphène, zoïsite et chloritoïde.

Ces matériaux forment une terrasse à 15 m au-dessus du lit de la Durance. On la suit assez bien en rive droite depuis le Nord de la feuille jusqu'à Sainte-Tulle, où elle n'est plus qu'à 10 m au-dessus du lit majeur. En rive gauche, elle s'étale largement au Sud de Pontoise.

Il existe une terrasse de même âge, en rive droite de l'Asse, entre Saint-Pancrace et la Julienne, mais ici les constituants sont presque exclusivement des galets calcaires en provenance des conglomérats de Valensole.

g) Fy-z – Alluvions de fond de vallons

Elles colmatent les fonds de thalwegs, généralement à circulations temporaires, qui entaillent le plateau de Valensole ou les flancs de l'anticlinal oligocène. Selon leur situation, elles sont alors constituées par des cailloutis et des limons (reliefs de la rive droite de la Durance) ou par des galets (Valensole). Elles se raccordent avec les alluvions Fz, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un cône de déjection. La plus grande partie de ces matériaux a dû être mis en place au Würm, mais ils ont été remaniés plus récemment et le sont encore lors des orages.

h) Fz – Alluvions récentes

Limons, sables, cailloutis et galets à éléments cristallins ou sédimentaires remplissant le fond des grandes vallées à écoulement permanent Durance, Verdon et Asse.



i) E – Éboulis

Dans l'anticlinal de Voix, les éboulis forment des brèches de pente à éléments hétérométriques néocomiens. Ils proviennent d'une reprise quaternaire des « Brèches de Volx » ainsi que des reliefs voisins. Les affleurements montrent souvent des traces de cryoturbation liées aux périodes froides du Würm.

En rive gauche de l'Asse, près du confluent de la Durance, on observe des placages comparables, inclinés à 45° à flanc de versant. Nourris par la fragmentation des galets éluviaux des conglomérats de Valensole, ils sont encore de type périglaciaire.

Le ciment qui lie les graviers est souvent absent, ce qui témoigne d'un lessivage intense et du rôle joué par la neige au cours des fluctuations climatiques.

On rencontre d'autres éboulis analogues sur les ubacs des vallées E-W qui entaillent le plateau, notamment à l'Est d'Allemagne.

Au SW de Dauphin, sur les premières pentes de l'anticlinal oligocène, les calcaires de Vachères ont glissé en masses suivant leur pendage nord et ont formé, au pied du relief, une accumulation de gros blocs, imparfaitement stabilisée, et qui se poursuit sur la feuille Reillanne, jusqu'à Saint-Martin-des-Eaux. L'épaisseur, qui est toujours importante, peut atteindre une centaine de mètres : elle a été reconnue dans certains travaux miniers. Cette formation glissée a été notée ES.

j) X – Remblais – Terrils

Ce sont les déblais de carrières d'argiles, les résidus des Tuileries de Manosque, ainsi que les terrils des anciennes mines de lignite du bassin oligocène.



III.3.3.6. Log stratigraphique

LITHOSTRATIGRAPHIE		ALEA(S)	
	QUATERNAIRE	Alluvions, colluvions, ...	Glissements de terrain - Ravinement - Chutes de blocs et de pierres
	PLIOCENE	Formation de Valensole - Poudingues et marnes (H)	Glissement de terrain Ravinement
	MIOCENE	Molasse sableuse (m2-3) + Intercalations de calcaires lacustres (m2-3)	Glissement de terrain Ravinement Chutes de blocs et de pierres
		Molasse bioclastique (m1)	Glissement de terrain - Ravinement Chutes de blocs et de pierres
	OLIGOCENE	Marnes de Viens et calcaires de Reillanne (g3)	Glissement de terrain Ravinement
		Calcaires de Vachères (g2c)	Chutes de blocs et de pierres Affaissement / Effondrement
		Grès et marnes de Bois d'Asson (g2b)	Chutes de blocs et de pierres Glissement de terrain Ravinement
		Calcaires en "petits cubes" (g2a-3)	Chutes de blocs et de pierres Affaissement / Effondrement
		Marnes brunes, grès et calcaire (g2a-2)	Chutes de blocs et de pierres Glissement de terrain Ravinement
		Calcaires en plaquettes (g2a-1)	Chutes de blocs et de pierres Affaissement / Effondrement
		Marnes rouges de la Mort d'Imbert (g1M)	Glissement de terrain Ravinement
		Calcaires et marnes violettes (g1b)	Chutes de blocs et de pierres Glissement de terrain Ravinement
		Marnes gris-bleu et anhydrite (g1a)	Glissement de terrain Ravinement

Figure 10 : Log lithostratigraphique : corrélation entre lithologie et type d'aléa mouvements de terrain

[Source : IMS_{RN}]



III.3.4. Hydrogéologie

La nappe des alluvions de la Durance constitue l'unique ressource importante existant dans les limites de la feuille ; celle des alluvions de l'Asse, moins conséquente, est encore peu utilisée, mais ce n'est qu'à partir de cette vallée que peuvent être envisagées des prélèvements pour le plateau de Valensole (alimentation en eau et irrigation). Les poudingues de Riez et de Valensole, assez argileux dans l'ensemble, ne renferment en effet que des nappes d'importance réduite alimentant des puits très dispersés et des sources de faible ou très faible débit, localisées sur les rebords du plateau ou au flanc des thalwegs qui l'entaillent (source de la Bouscole captée pour Gréoux). Les rares sondages qui ont reconnu ces formations n'ont rencontré que des nappes faiblement alimentées et non en charge.

En rive droite de la Durance, les intercalations calcaires du Sannoisien et du Stampien n'alimentent que des sources de faible débit.

La source thermale sulfureuse de Gréoux (température 35° débit 25 l/s) est située dans les marno-calcaires néocomiens entaillés par la vallée du Verdon et vraisemblablement sur un accident en liaison avec les chevauchements injectés de Trias et d'axe E-W situés 1 km plus au Sud.

III.3.5. Tectonique

La région de Manosque se situe sur l'extrémité orientale du massif du Lubéron. Cette partie des Alpes a subi deux phases majeures de compression (plissement) à l'éocène (compression pyrénéo-provençale) et au Miocène.

La commune est traversée par deux systèmes de failles d'échelles régionales :

- Le chevauchement Sud du massif du Lubéron à vergence SSE, charrie les formations d'âge Crétacé à Oligocène sur le bassin Néogène de la Durance.
- La faille sismique de la moyenne Durance (Voir § suivant) responsable du séisme de 1913.

Ces deux structures ont un rôle déterminant dans la prédisposition de la commune à certains phénomènes de mouvements de terrain d'une part et à leur amplification (aggravation) d'autre part. En effet, la première structure est responsable de la mise en place d'un réseau de fracturation intense. La deuxième structure (faille sismique de la Durance) constitue un facteur aggravant majeur des risques mouvements de terrains (chutes de blocs et glissements).

En effet, même de faible magnitude ($4 < M_g < 5$), les séismes amplifient de façon importante les phénomènes mouvements de terrain.

III.3.6. Sismotectonique

La Provence est une des régions de France les plus vulnérables en termes d'activité sismique.

De part le contexte tectonique, la commune de Manosque être régulièrement soumise à une activité sismique, principalement localisée le long de la Faille de la Moyenne Durance [**Tab. 1**].



<u>Date</u>	<u>Heure</u>	<u>Choc</u>	<u>Localisation épicentrale</u>	<u>Région ou pays de l'épicentre</u>	<u>Intensité épicentrale</u>	<u>Intensité dans la commune</u>
25 Février 2001	18 h 34 min 44 sec		<u>MEDITERRANEE (S-E NICE)</u>	ALPES MARITIMES	5,5	2
31 Octobre 1997	4 h 23 min 44 sec		<u>PREALPES DE DIGNE (PRADS-HAUTE-BLEONE)</u>	ALPES PROVENCALES	6	0
19 Février 1984	21 h 14 min 37 sec		<u>BASSE-PROVENCE (MIMET)</u>	PROVENCE	6	3
26 Décembre 1979	19 h 41 min 4 sec		<u>MOYENNE-DURANCE (VOLX)</u>	ALPES PROVENCALES	5	0
16 Octobre 1979	16 h 13 sec		<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
8 Octobre 1979	0 h 59 min 47 sec		<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
7 Octobre 1979	8 h 57 min 56 sec		<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES	3	3
8 Février 1974	20 h 12 min 17 sec		<u>PREALPES DE DIGNE (THORAME)</u>	ALPES PROVENCALES	5	3
26 Janvier 1967	3 h 28 sec		<u>BASSE-DURANCE (BEAUMONT-DE-PERTUIS)</u>	VAUCLUSE	5	3
19 Juillet 1963	5 h 46 min 5 sec		<u>MEDITERRANEE (S. IMPERIA)</u>	ITALIE	7,5	3,5
8 Juin 1961	7 h 26 min 54 sec		<u>BASSE-DURANCE (BEAUMONT-DE-PERTUIS)</u>	VAUCLUSE	4,5	3
5 Avril 1959	10 h 48 min		<u>UBAYE (ST-PAUL)</u>	ALPES PROVENCALES	7,5	
4 Mai 1958	10 h 52 min 45 sec		<u>PIEMONTE (VALDIERI)</u>	ITALIE	6	3
17 Février 1947	0 h 12 min		<u>PIEMONTE (PRAZZO ?)</u>	ITALIE	7,5	0
18 Juillet 1938	0 h 57 min		<u>QUEYRAS (GUILLESTRE)</u>	ALPES DAUPHINOISES	6,5	3
19 Mars 1935	7 h 27 min 17 sec		<u>EMBRUNAIS (ST-CLEMENT)</u>	ALPES DAUPHINOISES	7	3
1 Mai 1932	3 h 42 min		<u>MEDITERRANEE (S. MARSEILLE)</u>	PROVENCE	6	
1 Juin 1928	19 h 12 min		<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES	4	4
8 Décembre 1923	22 h 22 min		<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES	4	4
26 Octobre 1914	3 h 44 min 7 sec		<u>PIEMONTE (SACRA DI SAN MICHELE)</u>	ITALIE	7	
30 Juillet 1913	12 h 55 min		<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
29 Juillet 1913	4 h		<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
29 Juillet 1913	8 h 50 min		<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES	5,5	5,5
14 Mai 1913	3 h 30 min	P	<u>MOYENNE-DURANCE (VOLX)</u>	ALPES PROVENCALES	3	3
14 Mai 1913	7 h 17 min		<u>MOYENNE-DURANCE (VOLX)</u>	ALPES PROVENCALES	7,5	5
11 Juin 1909	21 h 14 min	Z	<u>TREVARESE (LAMBESC)</u>	PROVENCE	8,5	5
22 Mars 1897	7 h	R	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
21 Mars 1897	6 h 30 min		<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES	5,5	5,5
21 Mars 1897	8 h 45 min	R	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
23 Février 1887	5 h 50 min		<u>RIVIERA DI PONENTE (IMPERIA-BUSSANA)</u>	ITALIE	9	6



<u>Date</u>	<u>Heure</u>	<u>Choc</u>	<u>Localisation épiscopentrale</u>	<u>Région ou pays de l'épicentre</u>	<u>Intensité épiscopentrale</u>	<u>Intensité dans la commune</u>
16 Janvier 1880	23 h 55 min		<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES	4,5	4,5
7 Mars 1835	6 h 6 min	R	<u>BASSE-DURANCE (BEAUMONT-DE-PERTUIS)</u>	VAUCLUSE		
7 Mars 1835	6 h		<u>BASSE-DURANCE (BEAUMONT-DE-PERTUIS)</u>	VAUCLUSE	6	
20 Mars 1812	0 h 1 min		<u>BASSE-DURANCE (BEAUMONT-DE-PERTUIS)</u>	VAUCLUSE	7,5	6
12 Octobre 1708	0 h 5 min	Z	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
1 Octobre 1708		Z	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
24 Septembre 1708		Z	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
20 Septembre 1708	15 h 30 min	R	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES	2,5	2,5
16 Septembre 1708		R	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
1 Septembre 1708		Z	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
30 Août 1708	3 h 30 min	Z	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
29 Août 1708	3 h	Z	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
28 Août 1708		R	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
27 Août 1708	3 h 15 min	Z	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
26 Août 1708	8 h	Z	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
23 Août 1708	3 h	R	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
23 Août 1708	20 h 15 min	R	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
22 Août 1708	21 h 15 min	R	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
21 Août 1708	6 h	Z	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
20 Août 1708	6 h 15 min	Z	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
20 Août 1708	14 h 50 min	R	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES	7	7
15 Août 1708	23 h 50 min	R	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
15 Août 1708		Z	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
14 Août 1708	6 h 15 min		<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES	8	8
14 Août 1708	8 h	R	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
14 Août 1708	10 h	R	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
14 Août 1708	15 h	R	<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES		
21 Mars 1708	23 h		<u>MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)</u>	ALPES PROVENCALES	5,5	5,5



<u>Date</u>	<u>Heure</u>	<u>Choc</u>	<u>Localisation épicentrale</u>	<u>Région ou pays de l'épicentre</u>	<u>Intensité épicentrale</u>	<u>Intensité dans la commune</u>
13 Décembre 1509	11 h	Z	MOYENNE-DURANCE (MANOSQUE)	ALPES PROVENCALES	8	8

Tableau 1 : Liste exhaustive des séismes ressentis sur la commune de Manosque [Source : BRGM]

La commune est classée en zone d'aléa sismique moyen [Fig. 11 et 12]. Le nouveau zonage réglementaire n'est pas encore paru. Il est toujours en cours de discussion au Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire.

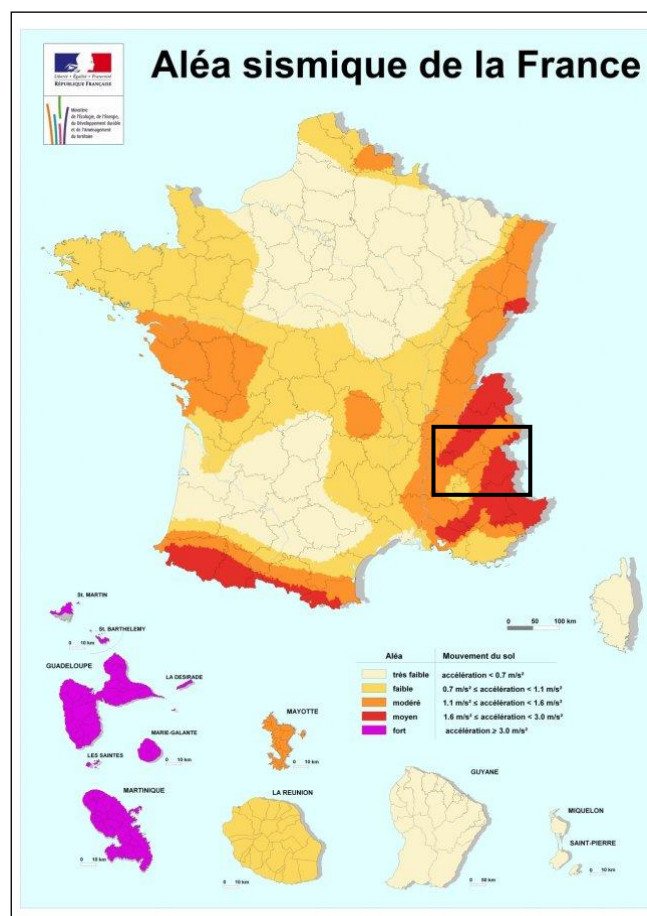


Figure 11 : Carte nationale d'aléa sismique [Source : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire]

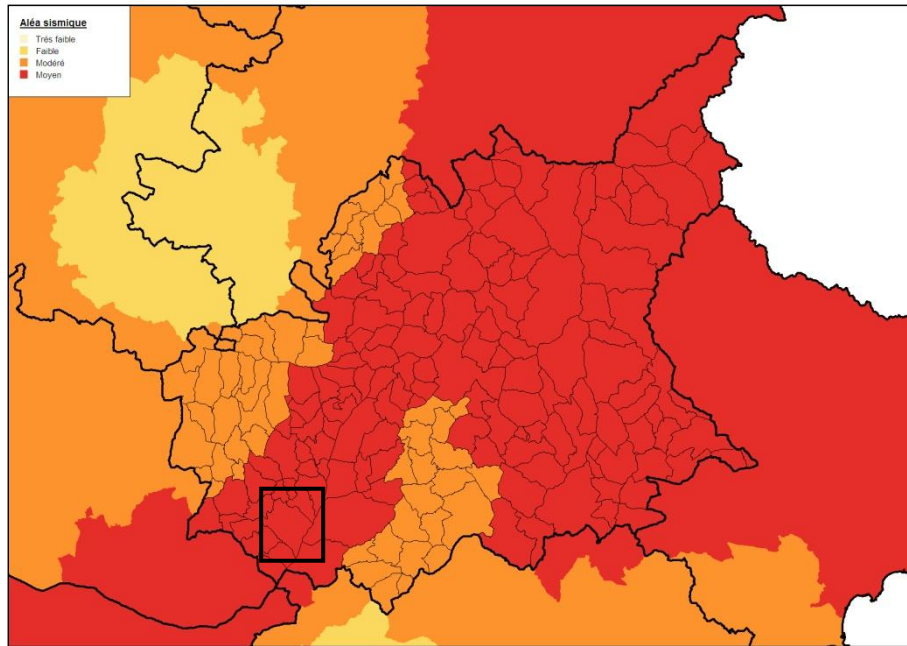


Figure 12 : Zoom de la carte nationale d'aléa sismique [Source : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire]

Remarque : Bien que d'intensité moyenne, la sismicité est un facteur d'amplification et donc d'aggravation importante des phénomènes mouvements de terrain. C'est pourquoi, l'influence des séismes (effet dynamique) est prise en compte par une majoration, en général, des aléas d'éboulement et un changement possible de la qualification de ces aléas.

Quatre séismes particulièrement destructeurs ont été enregistrés dans le secteur de Manosque :

- 13 décembre 1509 : intensité VIII (Dégâts à Manosque)
- 14 août 1708 : intensité VIII (Gros dégâts à Manosque – Glissements de terrain) [**Voir extrait ci-après**]
- 20 mars 1812 : intensité VIII
- 14 mai 1913 : intensité VII-VIII (Epicentre Manosque / Volx – Dégâts à Volx et Villeneuve)



"On ressentit dans cette ville (Manosque) un tremblement de terre, le 25 du mois de mars, jour de l'Annonciation de la Sainte Vierge. Il dura l'espace d'un demi Ave Maria. Il réveilla tous ceux qui n'était pas encore couchés mais ne causa presque aucun dégâts.

On commença à ressentir de nouveau les mouvements le 4 du mois d'août, sur les sept heures du matin. Il a duré l'espace presque d'un Ave Maria et c'est celui qui a causé le plus de dommages. Il s'est étendu jusqu'à 15 lieues autour de Manosque.

Il a ébranlé les deux paroisses, fait quelques fentes aux voûtes, entr'ouvert les quatre piliers qui soutiennent le dôme de celle de Saint Sauveur [...]. Par un effet de la Providence, aucun n'a péri dans cette ville, et toutes les pierres qui sont tombées, tant dans ces églises que dans ces maison ont été conduites par une main invisible qui, contente d'avoir effrayé tout le monde, n'a fait de mal à personne.

Après le second tremblement, le 20 du mois d'août, les plus courageux ne doutèrent plus que la ville ne dut être renversée et il paraît impossible qu'elle eut pu résister si le Seigneur, par sa miséricorde n'en eut arrêté le cours [...]. La campagne parut une ville où tous les habitants travaillaient à se faire de nouvelles maisons et a trouver un asile sous leur tente.

Il y eu bien des gens à qui l'usage de la raison n'est pas encore revenu. Le lait sécha dans le sein des nourrices. Les bêtes même, ne parurent pas insensibles, les domestiques poussaient des cris et des hurlements extraordinaire, les oiseaux ne chantaient plus, et ce profond silence s'étendit jusqu'aux grenouilles".

Extraits des "Annales de Notre-Dame", écrit par un religieux, en octobre 1708 [Source : www.ville-manosque.fr]

III.4. Contexte climatique

La commune de Manosque est soumise à un climat méditerranéen d'intérieur marqué par des étés chauds et secs (avec quelquefois des orages), des épisodes pluvieux concentrés au printemps et à l'automne et des hivers frais à gelées fréquentes [Fig. 13]. La température moyenne mensuelle varie entre 5,5 °C en janvier et 23,5 °C en juillet, avec 13,5 °C de température moyenne. La moyenne annuelle des précipitations est d'environ 700 mm [Fig. 14] et la ville reçoit environ 2800 h d'ensoleillement par an.

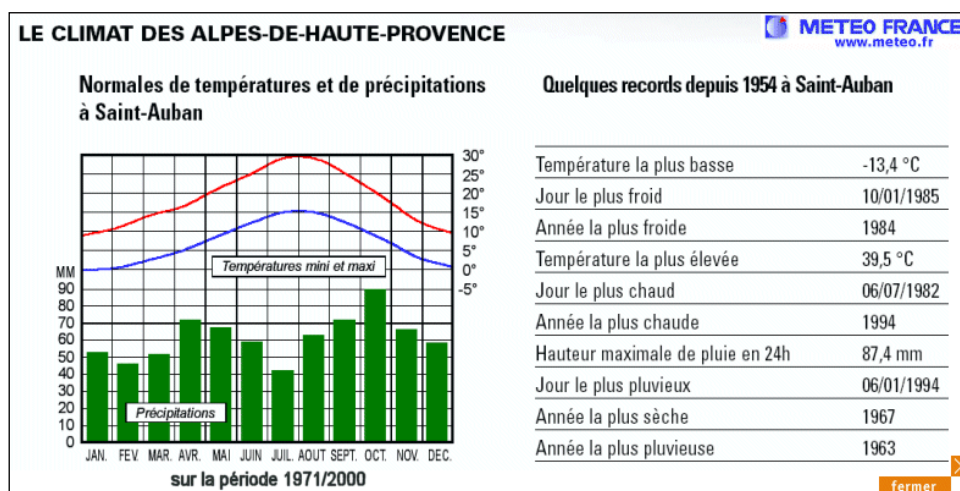


Figure 13 : Données climatiques des Alpes de Haute Provence [Source : Météo-France]

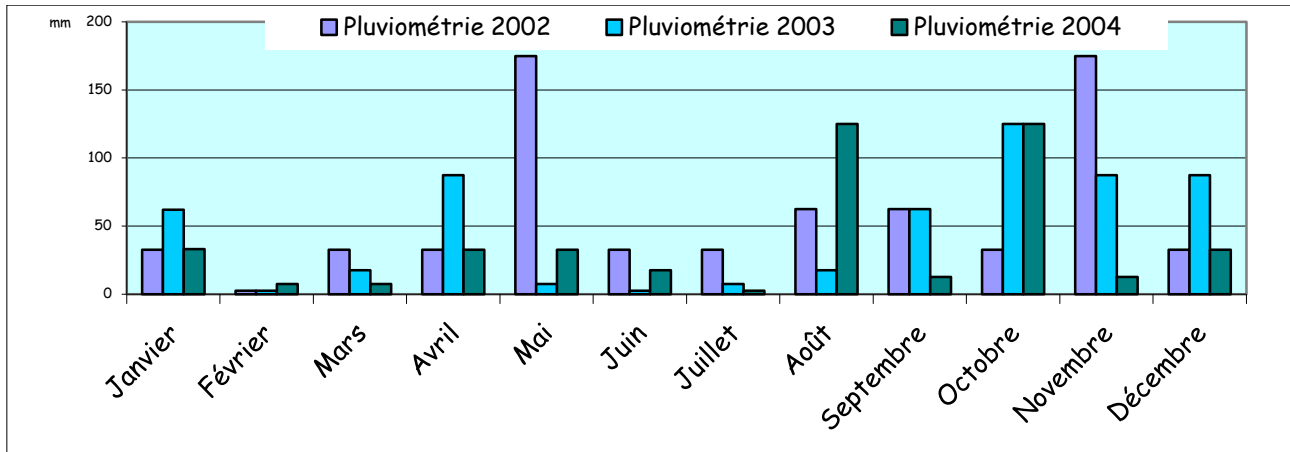


Figure 14 : Pluviométrie du secteur de Manosque de 2002 à 2004 [Source : Météo-France]

III.5. Hydrographie

Le réseau hydrographique de la commune de Manosque est principalement constitué par la vallée de la Durance.

La Durance, dont le régime est fortement influencé par les aménagements hydroélectriques se succédant depuis Serre-Ponçon, a vu progressivement sa large bande d'activité se rétrécir. Les extractions de matériaux, les reboisements effectués dans son bassin versant ont contribué à accentuer cet effet de fermeture au profit de la conquête des iscles par des boisements rarement remaniés.

L'autoroute A51 et la zone industrielle Saint-Maurice sont installées sur à l'intérieur de ces espaces autrefois fortement dynamiques de la Durance.

La Durance possède plusieurs affluents (Tuilière, Valveranne, Couquières, ...), orientés grossièrement NW-SE, dont les écoulements sont de caractère torrentiel. Au débouché dans la plaine, on retrouve des cônes de déjection.

Dans la plaine, ces affluents de la Durance sont canalisés par des digues (le plus souvent en murs maçonnés).

Au Nord du territoire communal, dans les reliefs du Lubéron, on retrouve un réseau hydrographique très ramifié, à caractère torrentiel. Il rejoint la rivière le Lergue, au Sud du village de Dauphin.



IV. CARTOGRAPHIE INFORMATIVE DES PHENOMENES NATURELS A RISQUES

IV.1. Méthodologie

La méthodologie préconisée pour la réalisation de ce **PPR**, suit les recommandations mentionnées dans les guides généraux concernant l'élaboration des **PPR** du Ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du Territoire, du Tourisme et de la Mer.

D'après ces différents guides, le zonage réglementaire du **PPR** repose sur l'estimation des risques qui dépend de l'analyse des phénomènes naturels susceptibles de se produire et de leurs conséquences possibles au plan de l'occupation des sols et de la sécurité publique.

Cette analyse comprend **3 étapes préalables au zonage réglementaire**.

Chacune de ces étapes a donné lieu à l'établissement de documents techniques et/ou cartographiques qui, bien que non réglementaires, sont essentiels à l'élaboration et à la compréhension du **PPR** et doivent nécessairement y être annexés.

La démarche aboutissant à la qualification et la cartographie des aléas se décompose en **6 étapes principales** [Fig. 15].

1. **Recherche historique** concernant les événements survenus dans le passé, leurs effets et leurs éventuels traitements. Recherche bibliographique par consultation des archives communales, municipales ainsi que des archives de services instructeurs tels la DDT, le CETE ou encore la RTM et enquête orale auprès des élus et des habitants de la commune.
2. **Reconnaissance** des phénomènes naturels par analyse et interprétation des photographies aériennes et étude de terrain, évaluation de leur instabilité et leur classification en fonction de leur degré d'activité relative.
3. **Etude géologique, géomorphologique, hydrogéologique et géotechniques : exploitation des données existantes** et étude de terrain.
4. **Elaboration d'une base de données** (BD ACCESS 2000, Mapinfo) et de **fiches techniques descriptives** de l'ensemble des événements recensés et validés lors des étapes précédentes.
5. **Cartographie des phénomènes naturels** : carte informative des phénomènes naturels à l'échelle de la zone d'étude au 1/10000e (avec zoom au 1/5000).
6. **Qualification et cartographie des aléas** (nature, niveau et qualification) à l'échelle de la zone d'étude au 1/10000e (avec zoom au 1/5000). les phénomènes de petite ampleur n'apparaissent pas à cette échelle (voir carte des aléas mouvements de terrain).

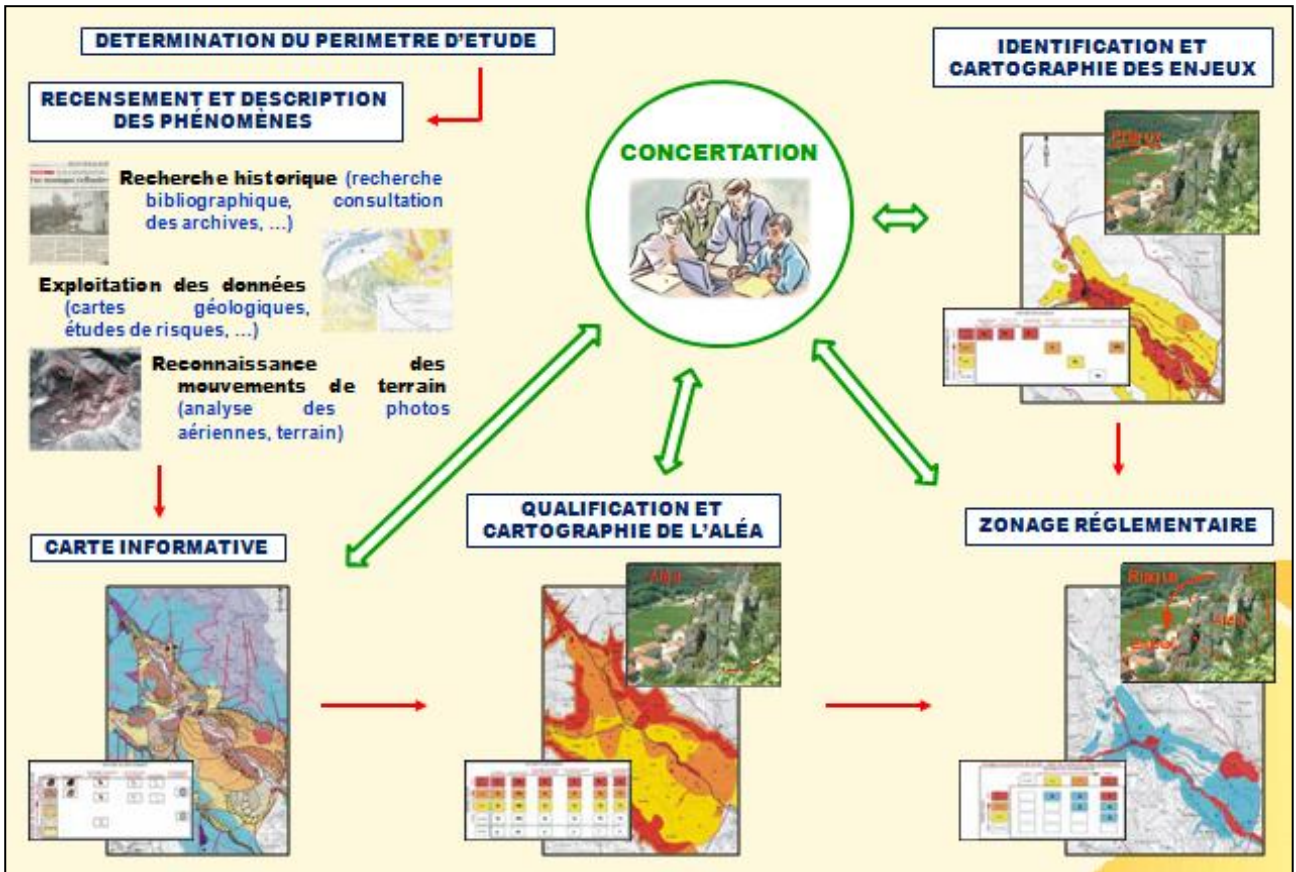


Figure 15 : Méthodologie préconisée pour la réalisation d'un PPR Mouvements de terrain (méthodologie également valable pour le risque Inondations) [Source : IMS_{RN}]



IV.2. Éléments historiques concernant les phénomènes naturels affectent la commune de Manosque

Pour quantifier et cartographier les phénomènes naturels à risques sur tout le territoire communal de Manosque, il convient d'effectuer en premier, un recensement des phénomènes déjà constatés sur la commune, et ceci afin de préciser la nature et la localisation potentielle de ces phénomènes.

Le recueil des informations a été réalisé de la manière la plus complète possible. Nous avons utilisé les sources d'informations suivantes : *les archives communales et départementales ; les documents des services de l'équipement et RTM ; documents des bureaux d'études ; ouvrages généraux et travaux de recherche ; banques de données ; plans, cartes, photographies ; dossiers catastrophes naturelles ; témoignages oraux et enquête de terrain ; ...*

La consultation des archives et l'enquête menée auprès, des élus, de la population et des services déconcentrés de l'état nous ont permis de recenser **105 événements historiques**¹ connus sur la commune depuis 1226 jusqu'à nos jours [**Tab. 2**], **31** ont pu être localisée, avec une précision plus ou moins importante [**Fig. 16**].

Les données ainsi obtenues ont été dans la mesure du possible vérifiées, confirmées et complétées par l'examen sur le terrain des traces résultant d'évènements anciens ainsi que par l'observation des indices actuels dans le cas des phénomènes évolutifs.

L'ensemble de ces données peut être considéré comme représentatif des phénomènes susceptibles de se produire sur la commune. L'analyse de ces données combinée aux observations de terrain nous ont permis d'établir la typologie des phénomènes susceptibles de se produire, et surtout d'identifier les configurations (hydrologie, lithologie, géométrie, fracturation, pente, etc.) qui sont favorables au déclenchement de tels phénomènes. Ces données constituent par ailleurs, une étape fondamentale d'une démarche d'expertise permettant de faciliter la prise en compte de ces phénomènes dans toute la commune, dans un cadre de prévention des risques naturels.

La quasi-totalité des événements recensés sur la commune sont associés à des phénomènes d'inondation et de crues torrentielles. Les autres événements concernent les séismes et les mouvements de terrains.

¹ Il convient de rappeler à ce niveau, qu'il serait préférable de considérer les données historiques avec une certaine prudence. D'une façon générale, la densité et la répartition des informations historiques et leurs précisions sont beaucoup plus grandes dans les zones habitées ou fréquentées régulièrement ; c'est donc dans ces zones que les événements passés sont les mieux connus, ce qui ne signifie évidemment pas qu'il ne s'en produit pas dans d'autres secteurs. Par ailleurs, en période de crise importante (guerre, famine, épidémie, ...), Ce type d'informations concernant les risques naturels (inondations, mouvements de terrain, séismes, ...), passent généralement en second plan et ne sont pas souvent signalés dans les archives.



N°	DATE	COMMUNE	LOCALISATION	TYPE DE PHENOMENE	DOMMAGES	DIVERS	SOURCE
1	17/09/1226	Manosque	Durance	Crue	?		DDT / Sud Aménagement Agronomie
2	Automne 1345	Manosque	Durance	Crue	?		DDT / Sud Aménagement Agronomie
3	13/12/1509	Manosque	Château de Manosque	Séisme	Quasi-destruction du Château de Manosque – Chute d'une grande partie des murailles	Séisme d'intensité épiscopale VIII	RTM
4	08 au 12/09/1651	Manosque	Durance	Crue	?		DDT / Sud Aménagement Agronomie
5	25/03/1708 à 23h00	Manosque	Ville	Séisme	Chutes de cheminées	Intensité MSK VI	RTM
6	14/08/1708 à 06h00	Manosque	Ville – Château de Manosque	Séisme	Maisons détruites ou endommagées – Murailles ouvertes – Cheminées renversées – Château très endommagé	Intensité MSK VIII-IX	RTM
7	20/08/1708 vers 14h00	Manosque	Ville – Château de Manosque	Séisme	Chutes de cheminées – Pans de murailles effondrés – Importants dégâts immobiliers	Evacuation de la ville Intensité MSK VII	RTM
8	23/03/1812	Manosque	Ville	Séisme	Légers dommages immobiliers	Intensité VI ou VI-VII	RTM
9	1829	Manosque	Durance	Crue	Bac de Manosque emporté – Traversée de la Durance interrompue		DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
10	07/03/1830	Manosque	Durance	Crue	?	Débit à Mirabeau : 3600 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie
11	07 au 08/03/1836	Manosque	Durance	Crue	?	Cote à Mirabeau : 5,00 m	DDT / Sud Aménagement Agronomie
12	28/10/1840 au 04/11/1840	Manosque	Durance	Crue	?	Cote à Mirabeau : 4,75 m Débit à Mirabeau : 3250 m³/s (3 crues)	DDT / Sud Aménagement Agronomie
13	25/10/1841	Manosque	Durance	Crue	?	Débit Mirabeau : 3160 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie
14	24/09/1843	Manosque	Durance	Crue	?	Violent orage	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
15	01 au 03/11/1843	Manosque	Durance	Crue	5 morts – Pont de Manosque emporté – Circulation interrompue entre les 2 rives – 3 personnes bloquées sur des iscles pendant 2 jours	Crue subite Hauteur à l'échelle de Manosque : 4,75 m au-dessus de l'étiage Cote à Mirabeau : 6,20 m Débit à Mirabeau : 5350 m³/s (3 crues) Débit au Pont de Sisteron : 3000 m³/s Hauteur au Pont des Mées : 3,50 m Hauteur au Pont de Château-Arnoux : 5,30 m "brut"	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
16	02/07/1844 à 17h00	Manosque	Durance	Crue	4 décès – Maisons renversées ou endommagées – Champs ravagés (cultures arrachées)		RTM
17	1848	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
18	20/04/1848	Manosque	Durance	Crue	?	Cote à Mirabeau : 4,10 m Débit à Mirabeau : 2700 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie
19	18/05/1848	Manosque	Durance	Crue	?	Cote à Mirabeau : 4,80 m Débit à Mirabeau : 3160 m³/s	DDT/Sud Aménagement Agronomie
20	07/09/1852	Manosque	Durance	Crue	?	Hauteur au Pont de Manosque : 2,91 m	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM



N°	DATE	COMMUNE	LOCALISATION	TYPE DE PHENOMENE	DOMMAGES	DIVERS	SOURCE
21	03/05/1856	Manosque	Durance	Crue	?	Débit à Mirabeau : 2170 m³/s	DDT/Sud Aménagement Agronomie – RTM
22	31/05/1856	Manosque	Durance	Crue	?	Cote à Mirabeau : 4,38 m	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
23	1859	Manosque	Durance	Crue	?		DDT/Sud Aménagement Agronomie – RTM
24	02/09/1860	Manosque	Durance	Crue	Digues endommagées		DDT/Sud Aménagement Agronomie – RTM
25	25 au 26/09/1860	Manosque	Durance	Crue	Epis endommagés	Hauteur au Pont de Manosque : 3,35 m Débit à Mirabeau : 2770 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
26	03/09/1862	Manosque	Durance	Crue	Epis endommagés – Matériaux de travaux emportés sur un chantier dans le lit de la Durance – Barrage avarié	Forte pluie dans la nuit du 02 au 03/09/1862	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
27	07/01/1863	Manosque	Durance	Crue	Epis endommagés : Plan Soubeyran, Eyrauds (brèche de 170 m) et Bastide Neuve (brèche de 332 m)	Forte pluie et vent du sud le 06/01/1863 précipitant la fonte des neiges en amont Au Pont de Manosque : niveau inférieur de 40 cm à la crue de 1860 Cote à Mirabeau : 5,00 m Débit à Mirabeau : 2900 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
28	09/03/1863	Manosque	Durance	Crue	Brèche de 25m dans un barrage des épis des Eyrauds.		DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
29	12/10/1863	Manosque	Durance	Crue	?	« aussi forte que celle du 25/09/1860 », à Peyruis	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
30	Octobre 1864	Manosque	Durance	Crue	Epis de la Bastide Neuve et de Plan Soubeyran endommagés		DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
31	1868	Manosque	Durance	Crue	?	Hauteur au Pont des Mées : 5,04 m au-dessus de l'étiage de 1875	DDT / Sud Aménagement Agronomie
32	22/11/1870	Manosque	Durance	Crue	?	Débit à Mirabeau : 2660 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie
33	Octobre 1872	Manosque	Durance	Crue	?	Suite à de fortes pluies entre le 04 et le 27/10/1872, particulièrement sur la fin de période	DDT / Sud aménagement agronomie – RTM
34	18/03/1873	Manosque	Durance	Crue	?	Hauteur au Pont des Mées : 4,53 m au-dessus de l'étiage de 1875 Cote à Mirabeau : 4,70 m Débit à Mirabeau : 2770 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie
35	1878	Manosque	Durance	Crue	?		DDT/Sud aménagement agronomie – RTM
36	1 ^{er} semestre 1879	Manosque	Durance	Crue	?		DDT/Sud Aménagement Agronomie – Mairie Manosque – RTM
37	Octobre 1882	Manosque	RN 96 (traversée de Manosque)	Ravinement	RN 96 ravinée et dégradée dans la traversée de Manosque	Forts orages en début de mois. Pluie torrentielle les 27 et 28 octobre 1882	Mairie de Manosque – RTM
38	06/10/1882	Manosque	De part et d'autre de la Colline de St-Alban	Ravinement	Ex RN 207 (actuelle RD 907) ravinée sur 1500 m	Orage dès le début du mois	Mairie de Manosque – RTM



N°	DATE	COMMUNE	LOCALISATION	TYPE DE PHENOMENE	DOMMAGES	DIVERS	SOURCE
39	06/10/1882	Manosque	RN 96 – Ravin de Valveranne	Crue / Ravinement	Chaussée de la RN 96 engravée et dégradée	Orage dès le début du mois	RTM
40	27 au 28/10/1882	Manosque	Durance	Crue	Piles du pont de l'ex-RN207 (actuelle D907) endommagées	Forts orages en début de mois, pluie torrentielle du 26 au 28/10/1882 Hauteur à Manosque : 4,33 m. Cote à Mirabeau : 6,60 m Débit à Mirabeau : 5750 m³/s	RTM
41	4 ^{ième} trimestre 1886	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
42	27/10/1886 au 08/11/1886	Manosque	Durance	Crue	?	Fortes pluies Hauteurs à l'échelle de Manosque lors des 2 pics de crue du mois de novembre : 4,00 et 4,40 m Cote à Mirabeau : 5,75 m Débit à Mirabeau : 4800 m³/s (3 crues)	RTM
43	Décembre 1886	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
44	22/10/1889	Manosque	Durance	Crue	?	Débit à Mirabeau : 2500 m³/s	RTM
45	23/09/1890	Manosque	Durance	Crue	?	Débit à Mirabeau : 2550 m³/s	RTM
46	Janvier 1895	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
47	12/05/1895	Manosque	Durance	Crue	?	Orage et fonte des neiges	RTM
48	1897	Manosque	Non précisée	Séisme	?		RTM
49	Février 1900	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
50	4 ^{ième} trimestre 1901	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
51	07 au 08/11/1906	Manosque	Durance	Crue	?	Pluies persistantes début novembre Cote à Mirabeau : 5,10 m Débit à Mirabeau : 3700 m³/s	RTM
52	28/10/1907	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
53	09/11/1907	Manosque	Durance	Crue	?	Débit à Mirabeau : 3000 m³/s	RTM
54	Mai 1908	Manosque	Durance	Crue	?	Fonte des neiges	RTM
55	Mars 1909	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
56	Novembre 1910	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
57	09/12/1910	Manosque	Durance	Crue	?	Débit à Mirabeau : 2250 m³/s	RTM
58	Mai 1912	Manosque	Durance	Crue	?	Plusieurs crues	RTM



N°	DATE	COMMUNE	LOCALISATION	TYPE DE PHENOMENE	DOMMAGES	DIVERS	SOURCE
59	14/05/1913	Manosque	Non précisée	Séisme	?		RTM
60	31/10/1914	Manosque	Durance	Crue	?	Débit à Mirabeau : 2480 m³/s	RTM
61	1917	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
62	29/05/1917	Manosque	Durance	Crue	?	Débit à Mirabeau : 3000 m³/s Débit estimé à 4000 m³/s à Volx	RTM
63	1918	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
64	05/11/1919	Manosque	Durance	Crue	?	Débit à Mirabeau : 2500 m³/s	RTM
65	Novembre 1922	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
66	1926	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
67	Novembre 1927	Manosque	Durance	Crue	?	Cause naturelle ... et dépôt de gravier rive adverse ?	RTM
68	22/10/1928	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
69	Novembre 1929	Manosque	Durance	Crue	?	Cause naturelle ... et dépôt de gravier rive adverse ?	RTM
70	25/08/1935	Manosque	Ravin de Drouye - La Loubière	Crue	Brèche de 10 à 20 m dans la berge – Propriétés endommagées sur 50 ha (engravement, ravinement)	Orage violent	RTM
71	11/11/1935	Manosque	Ravin de Drouye	Crue	3 brèches dans les berges du Ravin de Drouye (sur 45m au total), terrains riverains inondés en aval de Manosque	Orages	RTM
72	Décembre 1935	Manosque	Durance	Crue	?	Succession de crues	RTM
73	1 ^{er} semestre 1936	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
74	1942	Manosque	Puits de Gaude	Affaissement	« La maçonnerie du puits a légèrement souffert de la remise en place des couches et un « faux aplomb » de 8 cm a été noté dans le puits. »	Affaissement de faible amplitude lors du fonçage du puits	GEODERIS
75	2 ^{ème} semestre 1948	Manosque	Durance	Crue	?	Orages violents et répétés	RTM
76	14/03/1951	Manosque	Durance	Crue	?	Temps doux, fortes pluies et fonte des neiges du mois de Mars : débâcle Pluies particulièrement fortes les 13 et 14/03/1951	RTM
77	29/05/1951	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
78	11/11/1951	Manosque	Durance	Crue	Digues et épis endommagés en rive droite en amont du pont, en rive gauche en aval	Plusieurs crues Fortes pluies en octobre et novembre Débit à Mirabeau : 3600 m³/s	RTM
79	14/06/1957	Manosque	Durance	Crue	?		RTM



N°	DATE	COMMUNE	LOCALISATION	TYPE DE PHENOMENE	DOMMAGES	DIVERS	SOURCE
80	4 ^{ème} trimestre 1959	Manosque	Durance – En aval de la limite des communes de Volx et Manosque	Crue	2 digues emportées		RTM
81	06/10/1960	Manosque	Durance – Quartier St-Jean	Crue	Digue rompue et des centaines d'Ha de terres agricoles inondées	Pluies torrentielles	RTM
82	Octobre 1960	Manosque	Torrent de Drouye	Crue	3 brèches sur les digues de la plaine		RTM
83	4 ^{ème} trimestre 1960	Manosque	Ruisseau de Ridau	Crue	2 digues rompues – Terres agricoles endommagées		RTM
84	04/09/1962 de 17h00 à 20h00	Manosque	L'Ausselet – Ravin de l'Ausselet, Ravin de la Chote, Ravin de Bélavi	Crue	Terrains de culture et vergers endommagés – Inondation de terrains de culture – Activité agricole perturbée	Suite à un orage Eaux boueuses, crue conjuguée des affluents	RTM
85	Mai 1963	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
86	27/01/1967	Manosque	Non précisée	Séisme	?		RTM
87	29/08/1968	Manosque	Torrent de Drouye – Ensemble immobilier des Tritons	Crue	Dégâts sur l'ensemble immobilier des Tritons : caves, garages (jusqu'à 1,10 m) et RDC inondés, voitures endommagées, fissures des murs et dalles, tassement de fondations	Eaux boueuses, affouillement, débordement Pluviométrie à la station de Manosque : 67,5 mm	RTM
88	1974	Manosque	Au Sud de Rateferoux	Effondrement	?	A été remblayé et est désormais recouvert par la végétation Localisation (Lambert 2 étendu) : X = 877922 – Y = 1879341	GEODERIS
89	12/10/1976	Manosque	Durance	Crue	?	Débit : 1000 m ³ /s environ	RTM
90	04/05/1977	Manosque	Durance	Crue	?	Fortes pluies Débit de la Durance : 1000m ³ /s à l'Escale	RTM
91	09/12/1977	Manosque	Durance	Crue	?		RTM
92	26/02/1978	Manosque	Durance	Crue	11 Ha de terres inondés en amont du pont sur le CD 907 (Manosque-Valensole).	Fonte rapide des neiges tombées en abondance durant l'hiver 1977-1978 Débit estimé à 1800 m ³ /s à Manosque Précipitations : 53 mm en 24 heures sur le bassin du Buëch Débit du Buëch : 600 m ³ /s à Sisteron Débit du Jabron : plus de 100 m ³ /s	RTM
93	Octobre 1979	Manosque	Boulevard Elemir-Bourges	Inondation par infiltration	1 RDC d'immeuble inondé – Court-circuit provoqué par l'inondation	Orages violents	RTM
94	12/09/1982	Manosque	Torrent de Drouye – Ensemble immobilier du Lubéron	Crue	Dégâts sur l'ensemble immobilier du Lubéron : RDC inondés sur 0,50 m	Précipitations peu remarquables mais débordements amplifiés par des embâcles	RTM



N°	DATE	COMMUNE	LOCALISATION	TYPE DE PHENOMENE	DOMMAGES	DIVERS	SOURCE
95	18/06/1986	Manosque	Torrent de Drouye – Ensemble immobilier des Tritons	Crue	Dégâts sur l'ensemble immobilier des Tritons : caves, garages et RDC inondés, matériel entreposé détruit (0,45 m de hauteur de boue)	Eaux boueuses, débordements Pluviométrie : 45,5 mm	RTM
96	26/08/1986	Manosque	Confluence Couquières - Canal EDF	Crue	ZI St-Joseph et terres agricoles inondées	Violent orage : 69,4 mm en 2 heures	RTM
97	24/08/1987	Manosque	Confluence Couquières, - Canal EDF	Crue	ZI St-Joseph et terres agricoles inondées	Orage	RTM
98	1988	Manosque	Ravin des Couquières	Glissement de terrain	?	Petit glissement de 20 m de large sur 80 m de long Sol argileux Infiltrations d'eau dues aux terrassements à l'amont Pied du glissement bloqué à quelques mètres du ruisseau	RTM
99	1989	Manosque	Non précisée	Retrait-gonflement	12 villas fissurées	Dessiccation des argiles gonflantes due au déficit pluviométrique	RTM
100	26/07/1990	Manosque	Gendarmerie	Inondation	Domage au niveau de certains locaux de la gendarmerie et de l'appartement de M. Devoucaux	Inondation consécutive à une remontée par la cuvette des WC des eaux usées	RTM
101	06 au 07/01/1994	Manosque	Durance	Crue	Plages du Lac des Vannades endommagées – Digue de protection de la décharge de la Fito endommagée – Divers talus déstabilisés en bordure de voie publique – ZI St-Maurice inondée – Pont des 4 chemins fermé	Fortes pluies	RTM
102	Début 1996	Manosque	Rue du Bon Repos	Débordement du réseau d'eaux usées	Infiltration dans garage et appartement au 1 ^{er} étage	Suite à de fortes pluies	RTM
103	Début octobre 2000	Manosque	Cimetière	Glissement de terrain	?	Causes naturelles : pluie	RTM
104	23/10/2005	Manosque	Chemin de la Thomassine - Impasse du Pimparin	Coulée de boue	Routes, chemins, jardins engravés	Suite à un violent orage Boue provenant de collines fragilisées par un incendie durant l'été 2005	RTM – DDT04
105	20/10/2012	Manosque	Chemin de l'Olivade Parcelle AP41	Effondrement	/	Apparition d'un fontis en bordure de la chaussée Présence d'un réseau de galeries souterraines dont certaines montrent des signes d'instabilité	RTM – BRGM

Tableau 2 : Récapitulatif des événements historiques connus sur la commune de Manosque (en grisé : événements localisés) [Source : IMS_{RN}]

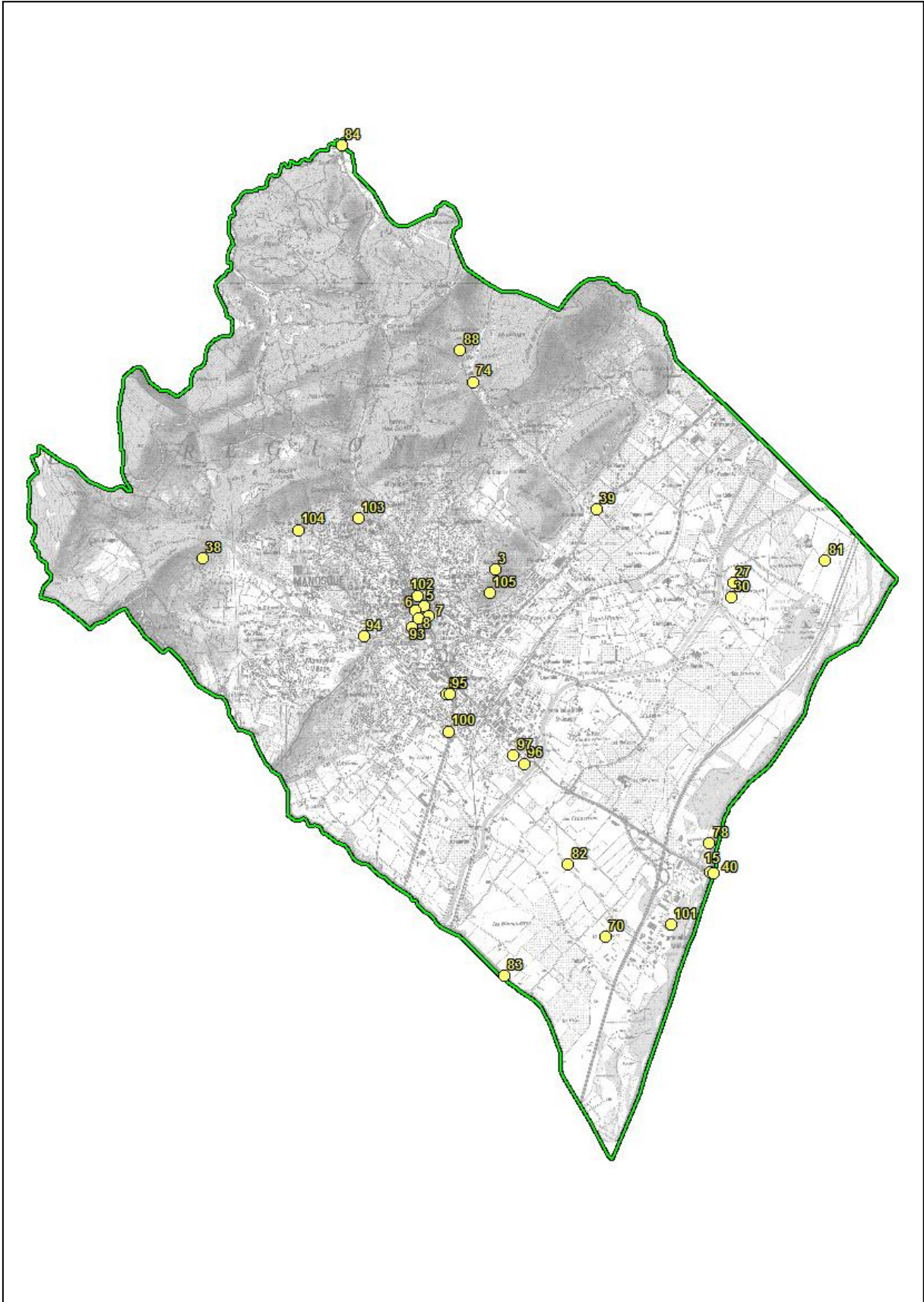


Figure 16 : Carte de localisation des archives historiques [Source : IMS_{RN}]



Suite à certains de ces événements, des arrêtés de catastrophes ont été pris ; ils sont au nombre de 15 [Tab. 3].

TYPE DE CATASTROPHE	DEBUT LE	FIN LE	ARRETE DU	SUR LE JO DU
Inondations et coulées de boue	23/08/1987	24/08/1987	02/12/1987	16/01/1988
Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/05/1989	30/09/1990	28/03/1991	17/04/1991
Inondations et coulées de boue	31/07/1990	31/07/1990	25/01/1991	07/02/1991
Inondations et coulées de boue	01/08/1990	01/08/1990	25/01/1991	07/02/1991
Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/10/1990	01/03/1992	25/01/1993	07/02/1993
Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse	01/04/1992	31/08/1993	30/06/1994	09/07/1994
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/09/1993	30/06/1996	12/05/1997	25/05/1997
Inondations et coulées de boue	05/01/1994	08/01/1994	26/01/1994	10/02/1994
Glissement de terrain	05/01/1994	08/01/1994	28/10/1994	20/11/1994
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/07/1996	31/08/1998	16/04/1999	02/05/1999
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/09/1998	30/09/1998	06/07/2001	18/07/2001
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/09/1998	30/09/1999	27/12/2001	18/01/2002
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/2002	30/06/2002	15/06/2004	07/07/2004
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/2005	31/03/2005	15/05/2008	22/05/2008

Tableau 3 : Récapitulatif des arrêtés catastrophes naturelles [Source : www.prim.net]



V. PHENOMENES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN

V.1. Connaissance des phénomènes mouvements de terrain fossiles, historiques et actifs affectant la zone d'étude

V.1.1. Typologie des mouvements de terrain

Sous le terme "mouvements de terrain" sont regroupés les phénomènes naturels liés à l'évolution géodynamique externe de la terre. De façon simplifiée nous pouvons distinguer sur la zone d'étude, quatre familles de mouvements de terrains d'intensité moyenne à forte :

- Affaissements / Effondrements ;
- Glissements de terrain ;
- Eboulements / Chutes de blocs et de pierres ;
- Ravinement.

Et une famille de mouvements de terrain d'intensité faible à moyenne :

- Retrait-gonflement des argiles.

Pour chaque famille nous avons distingué des sous classes en fonction des degrés d'activité des phénomènes observés et de leur potentialité d'occurrence [**Voir carte informative des mouvements de terrain**].

Il convient ici de rappeler les causes de ces instabilités qui sont à rechercher dans :

- **la pesanteur** (forces de gravité) qui constitue le moteur essentiel des mouvements de terrain (poids des éboulis lié à leur épaisseur et reposant sur des argiles ou marnes) ;
- **l'eau** qui est le premier facteur aggravant des désordres. Ainsi les conditions climatiques et notamment la pluviométrie (période de pluies intenses ou longues), et les conditions hydrologiques (superficielle et souterraine) sont à prendre en considération ;
- **la nature et la structure géologique des terrains** présents sur le site (style de dépôts, présence d'argiles ou marnes formant une 'couche savon', accidents tectoniques, fracturations...);
- **la morphologie des versants**, ainsi que la **penne** (terrains accidentés, fortes pentes) ;
- **le couvert végétal** (racines des arbres et arbustes poussant en paroi rocheuse qui s'insinuent dans les fractures et favorisent la déstabilisation des blocs, ...);
- **l'action anthropique** qui se manifeste de plusieurs façons et qui contribue de manière très sensible à déclencher directement des mouvements : modification de l'équilibre naturel de pentes (talutage ou déblais en pied de versant et remblaiement en tête de versant, carrières ou mines souterraines) ; modifications des conditions hydrogéologiques du milieu naturel (rejets d'eau dans une pente, pompages d'eau excessifs) ; ébranlements provoqués par les tirs à l'explosif ou vibrations dues au trafic routier ; déforestation ; drainage agricole traditionnel, etc.



V.1.2. Affaissements / Effondrements

V.1.2.1. Généralités

Ce phénomène est consécutif à l'évolution de cavités souterraines naturelles ou artificielles (carrières ou mines).

Il peut correspondre :

- soit à un mouvement lent (amorti par le comportement souple des terrains de couverture) dans le cas des affaissements [Fig. 17 (A)],
- soit à un mouvement rapide (brutal), à composante essentiellement verticale (quand les terrains en surface sont moins compétents) dans le cas des effondrements ou des fontis [Fig. 17 (B)].

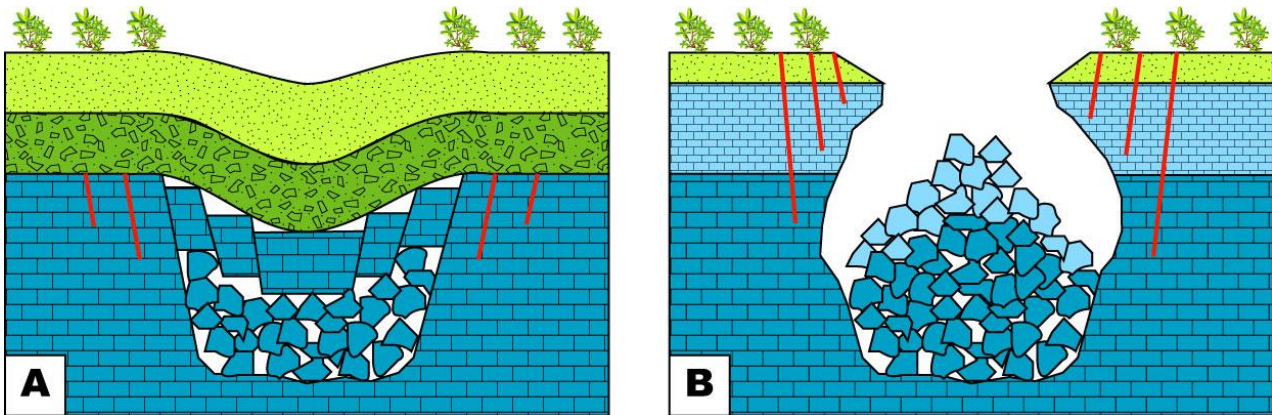


Figure 17 : Coupes schématiques [(A) Affaissement – (B) Effondrement] [Source : IMS_{RN}]

V.1.2.2. Affaissements / Effondrements sur la zone d'étude

(i) Exploitation minière

Sur la zone d'étude, ce phénomène est à mettre en liaison directe avec les exploitations minières. Le rapport BRGM/RP-54522-FR, faisant partie de l'étude GEODERIS S 2007/36DE – 07PAC2120 (réalisée en vue de l'établissement d'un Plan de Prévention des Risques Miniers) a servi de base à ce chapitre. Pour plus d'informations, il est conseillé de se reporter à cette étude.

(a) Aperçu de l'exploitation minière

De part son histoire géologique, le Bassin de Forcalquier a réuni les conditions nécessaire à la constitution de gisements organiques (lignites, schistes bitumineux) et minéralogiques (gypse, sel gemme, soufre natif).

C'est à partir de 1850 qu'a commencé l'exploitation de ce bassin. Elle prit fin peu de temps après le milieu du 20^{ème} siècle. Des kilomètres de galeries (à des profondeurs comprises entre 10 et 300 m) et des centaines de puits ont été réalisés. Des milliers de mineurs ont participé à l'extraction de plusieurs millions de tonnes de lignite ont extraites.



Depuis plus d'une trentaine d'années, dans le Nord du territoire communal, les nappes de sel sont utilisées pour le stockage souterrain d'hydrocarbures par les sociétés Géosel-Manosque et Géométhane ainsi que pour la production de saumure qui en résulte.

La commune de Manosque compte de nombreux sites miniers **[Fig. 18]** répartis sur plusieurs concessions que l'on peut classer ainsi :

Concessions Groupe Manosque (lignite) :

- Gaude ;
- La Mort d'Imbert ;
- Ratefernoux ;
- Sainte-Rostagne ;
- Fournigues ;
- Les Hubacs ;
- Montfuron.

Autres concessions :

- La Rochette (lignite) ;
- Bourne (souffre) ;
- La Croupatassère (soufre) ;
- La Passaire (sel).

Chacune de ces concessions a fait l'objet d'une description précise, ainsi que d'un historique des événements sur ces sites d'exploitation.

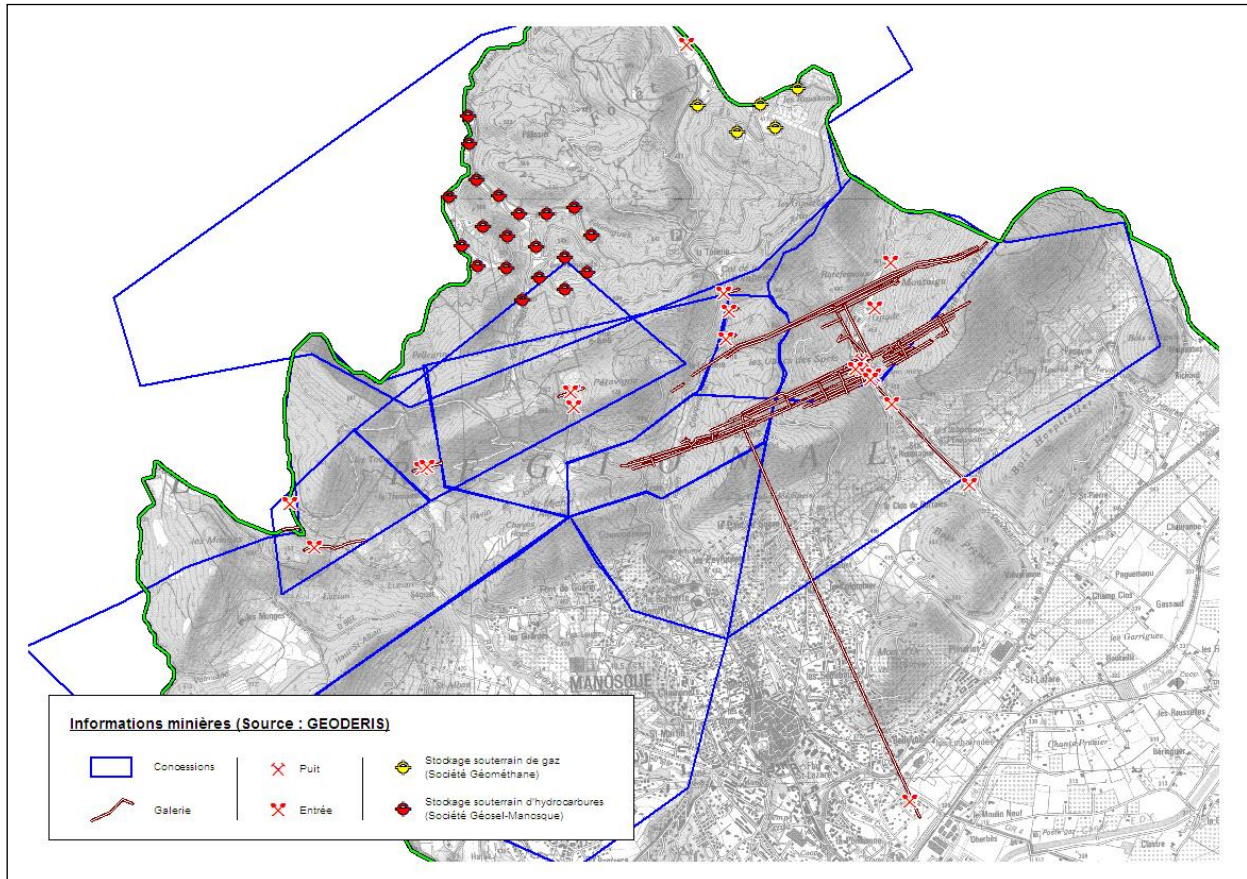


Figure 18 : Carte de localisation des exploitations minières [Source : IMS_{RN}]

(b) Concessions du Groupe Manosque (lignite)

Ces concessions s'étendent sur le flanc Sud de l'anticlinal de Manosque. Elles ont été instituées en 1931 et seront renoncées en 1998. Seules celles de Gaude, la Mort d'Imbert, Rateferoux et Sainte-Roustagne ont fait l'objet d'une exploitation.

Les couches de lignites, d'une puissance comprise entre 0,60 et 1,30 m, se divisaient en 2 ensembles : couches grasses (très peu exploitée) et couches maigres. La configuration du gisement (pendage vertical) a entraînée une exploitation par taille oblique avec soutènement par poussards (pièces de bois) horizontaux.

Entre 1952 et 1964, environ 400 000 tonnes de lignites ont été extraites.

De nombreux ouvrages parcourent le sous-sol : puits, galeries d'exploitation, de ventilation, de stockage, ...

Un tunnel (appelée galerie de la Gare) a été aménagé pour permettre l'évacuation de la lignite et des eaux souterraines (débit voisin d'une dizaine de m³/h) ; d'une longueur de 3 km, il va du champ d'exploitation à la gare de Manosque. L'arrêt de cet écoulement pourrait signifier qu'un effondrement s'est produit dans la galerie ; par la suite, la rupture de l'embâcle engendrerait des venues d'eau conséquentes au niveau de la sortie.

Des aménagements de sécurité ont été effectués sur les diverses galeries et entrées : remblaiement, pose de dalle en béton armé, fermeture par mur maçonné, ... Cependant les



couches exploitées n'ont pas été remblayées et il est fort probable que les épontes (parois délimitant les veines) ont convergées du fait de la dégradation des soutènements en bois.

Deux mouvements de terrain ont été recensés dans cette concession :

- En 1942, un affaissement de faible amplitude est constaté lors du fonçage du puits de Gaude : « La maçonnerie du puits a légèrement souffert de la remise en place des couches et « un faux aplomb » de 8 cm a été noté dans le puits. »
- Avant 1974, un effondrement se produit (coordonnées Lambert 2 étendu : X = 877 922 – Y = 1 879 341). Il a été remblayé et est désormais recouvert par la végétation.

(c) Concession de La Rochette (lignite)

D'une superficie inférieure à 100 Ha, cette concession a été instituée en 1836 et sera renoncée en 1937.

Il n'a été creusé que quelques galeries, de faible importance, pour exploiter ce petit gisement. Toutes ces galeries ont été remblayées.

Aucun mouvement de terrain n'a été recensé dans ce secteur.

(d) Concessions de Bourne et de La Croupatassère (souffre)

D'une superficie respective de 82 et 201 Ha, ces concessions ont été instituées en 1986.

L'exploitation de Bourne, qui n'a duré que 10 ans, a consisté en une dizaine de petites galeries d'une centaine de mètres de longueur. Les entrées de ces galeries sont actuellement masquées parmi les éboulis et la végétation.

La concession de La Croupatassière n'a fait l'objet que de travaux de recherches sans résultat probant, ainsi une demi-douzaine de galeries a été creusée dont la plus longue atteint 83 m. Les entrées de ces galeries ont tous été murés.

Aucun mouvement de terrain n'a été recensé dans ces secteurs.

(e) Concession de La Passaire (sel)

D'une superficie de 24 km², cette concession a été instituée le 27 mars 1973 en vue du stockage souterrain d'hydrocarbures dans les nappes de sel (d'une épaisseur de 500 à 800 m) présentes en profondeur.

Les cavités de stockage, creusées par injection d'eau douce (lessivage), sont réparties sur deux sites :

- Au NE, la société Géométhane (issue d'un Groupement d'Intérêt Economique entre Géostock et GDF) exploite 7 cavités réservées uniquement au stockage du gaz naturel. Situées à plus de 1000 m sous la surface, elles ont une forme cylindrique (50 m de diamètre, 200 à 300 m de hauteur et d'un volume de 200 000 à 500 000 m³). La capacité



utile totale de stockage avoisine les 300 millions de m³. Ces cavités sont reliées à la surface par des puits.

- Au SW, la société Géosel-Manosque (filiale des pétroliers BP Shell, Total, gérée par Géostock) exploite 26 cavités de stockage de pétrole brut, gazole, super carburant et naphta, ainsi que 2 cavités de production de sel. Leur hauteur varie de 73 à 413 m pour un volume compris entre 93 000 et 422 000 m³. La capacité totale de stockage est de 6,5 millions de m³. Un réseau de pipelines relie le site de Manosque et la zone de Fos-Berre-Lavéra. La saumure est quant à elle évacuée par saumoduc jusqu'à l'étang de Berre.

L'ancien site de la Mine de Gaude est actuellement utilisé par les installations de GDF pour gérer le transfert du gaz, en provenance de Berre, vers la zone de stockage. On y trouve également des bureaux techniques et administratifs. Pour cela une dalle en ciment a été coulée en 1987, elle recouvre la totalité du site.

On recense quelques petits effondrements sur le site. Ils ont été remblayés.

Le remplissage des cavités de stockage participe actuellement à la stabilité des terrains. Cependant il est difficile d'évaluer les conséquences en cas d'arrêt de l'activité.

(ii) Autres affaissements / effondrements

Les autres affaissements et effondrements potentiels sur le territoire communal sont liés au substratum calcaire qui peut présenter une légère karstification du fait des écoulements d'eau souterraine.

A noter qu'un effondrement a été découvert le 20 octobre 2012, chemin de l'Olivade, sur le flanc SW de la colline de la Tour de Mont-d'Or. Il se présente sous la forme d'un fontis d'environ 1,8 m de diamètre pour une profondeur de près de 12 m **[Fig. 19]**.

Une visite du BRGM, à partir d'un regard situé en aval, a permis de mettre en évidence l'existence de deux galeries perpendiculaires (plus ou moins maçonnées) grossièrement orientées NS et EW. Certaines galeries présentent des signes d'instabilité **[Fig. 20]**.

Apparemment ce réseau servait « à capter de l'eau à des fins d'arrosage agricole et/ou de consommation humaine. Il semble que ce type ouvrages soit relativement courant dans ce secteur de Manosque » [Source : rapport BRGM RP-61755-FR].

Le fontis « résulte de la rupture, sous la poussée des terrains amont, d'une partie de la maçonnerie d'un puits donnant accès à une galerie [...] » [Source : rapport BRGM RP-61755-FR].

En l'absence de moyens d'investigation plus poussés, le BRGM a fait une cartographie sommaire du réseau souterrain, en indiquant un périmètre de protection au croisement des 2 galeries du fait de l'importante hauteur sous voûte et donc de la finesse des terrains au-dessus **[Fig. 21 et 22]**.



Figure 19 : Fontis [Source : BRGM]



Figure 20 : Galerie [Source : BRGM]

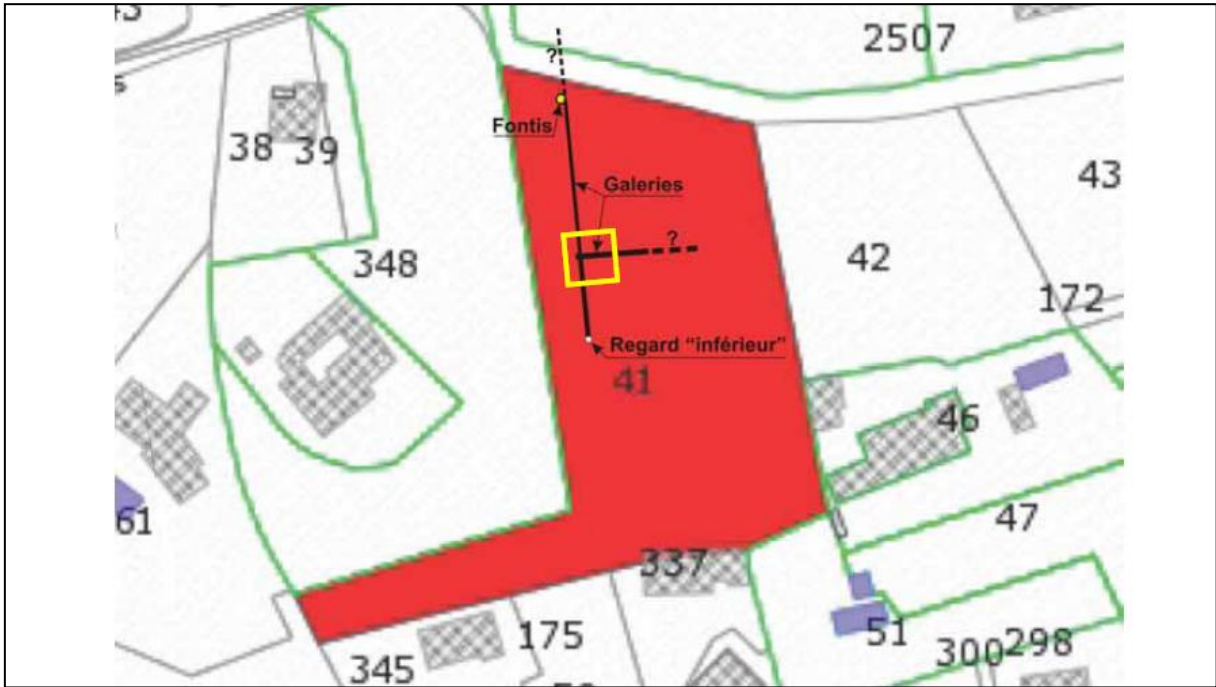


Figure 21 : Plan schématique des galeries [Source : BRGM]

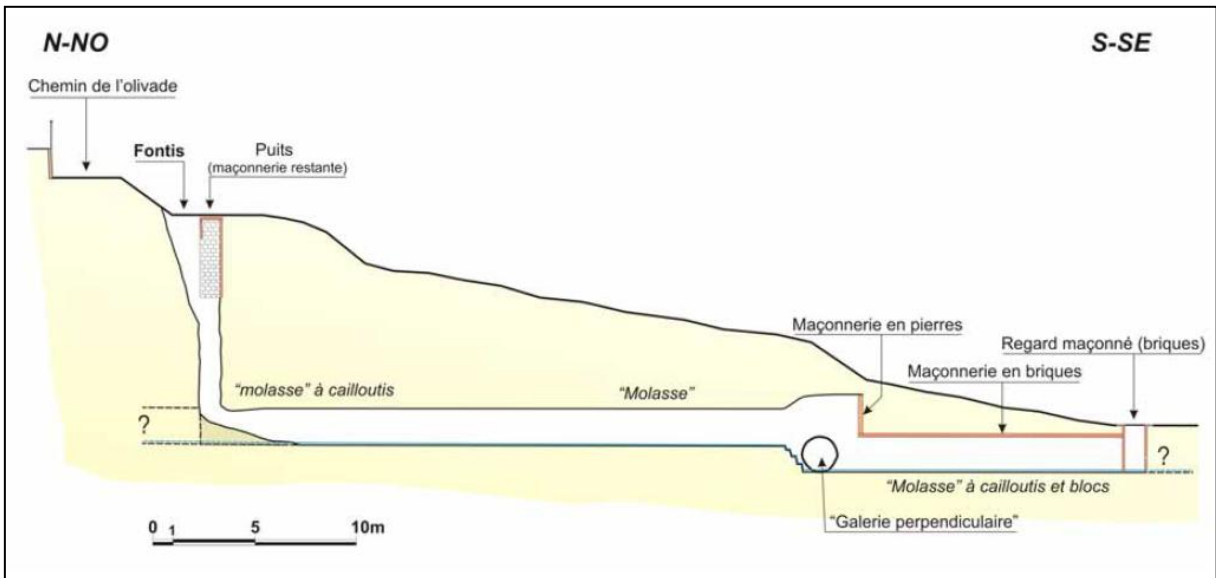


Figure 22 : Plan schématique des galeries [Source : BRGM]



V.1.3. Glissements de terrain

V.1.3.1. Généralités

Le **glissement de terrain** est un phénomène qui affecte, en général, des roches incompetentes et qui provoque le déplacement d'une masse de terrain avec rupture. Cette rupture peut se localiser soit au sein du même matériau (rupture circulaire), soit le long d'une interface entre les matériaux de couverture et le substratum (rupture non circulaire).

Il se caractérise par la formation d'une niche d'arrachement en amont et d'un bourrelet de pied en aval [**Fig. 23**]. Les volumes mis en jeu sont très variables.

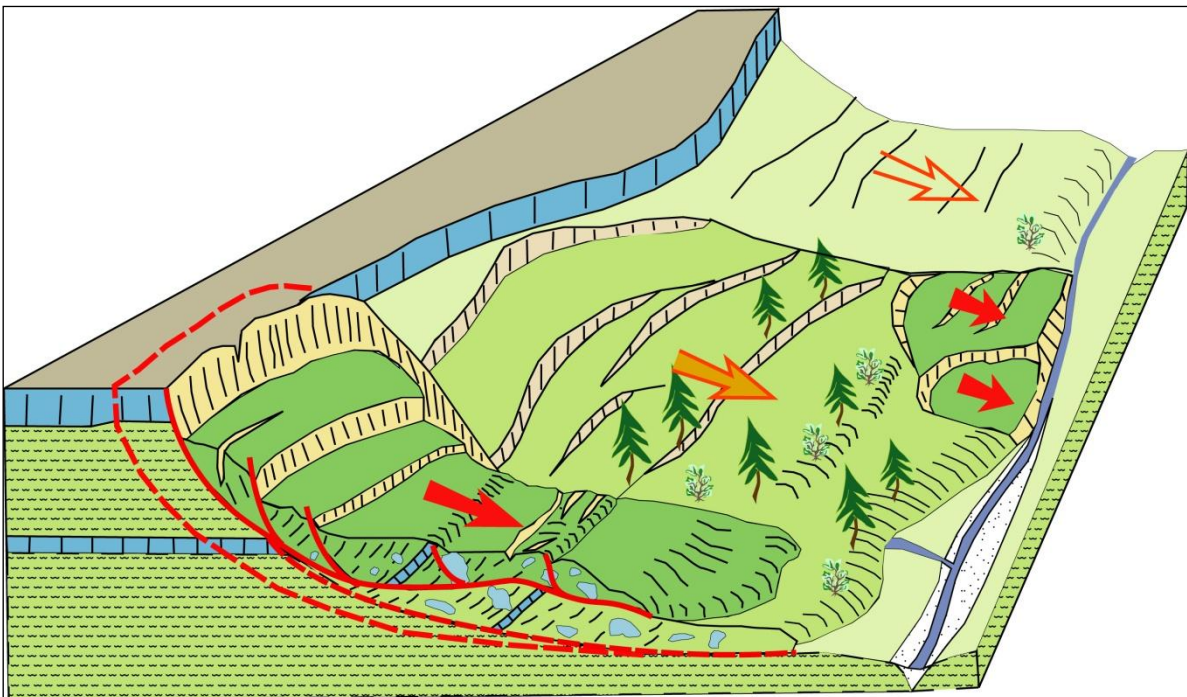


Figure 23 : Schéma type de glissement de terrain [Source : IMS_{RN}]

L'activation ou la réactivation d'un glissement est étroitement liée aux phénomènes climatiques (pluie, érosion naturelle), aux modifications du régime hydraulique (saturation du matériau, augmentation des pressions interstitielles...), aux variations piézométriques, aux actions anthropiques (terrassements) et aux vibrations naturelles (secousses sismiques) ou artificielles (tirs de mine par exemple).

V.1.3.2. Glissements de terrain sur la zone d'étude

L'étude historique nous a permis d'identifier 2 événements directement liés aux glissements de terrain : en 1988 dans le Ravin des Couquières et début octobre 2000 dans le cimetière de Manosque (ancienne carrière d'argile).



Les principales formations touchées par ce phénomène sont les marnes de l'Oligocène, notamment les argiles supérieures (Marne de Viens – g₃), mais aussi les molasses miocènes, comme en témoigne la carte de localisation des glissements de terrain [Fig. 24].

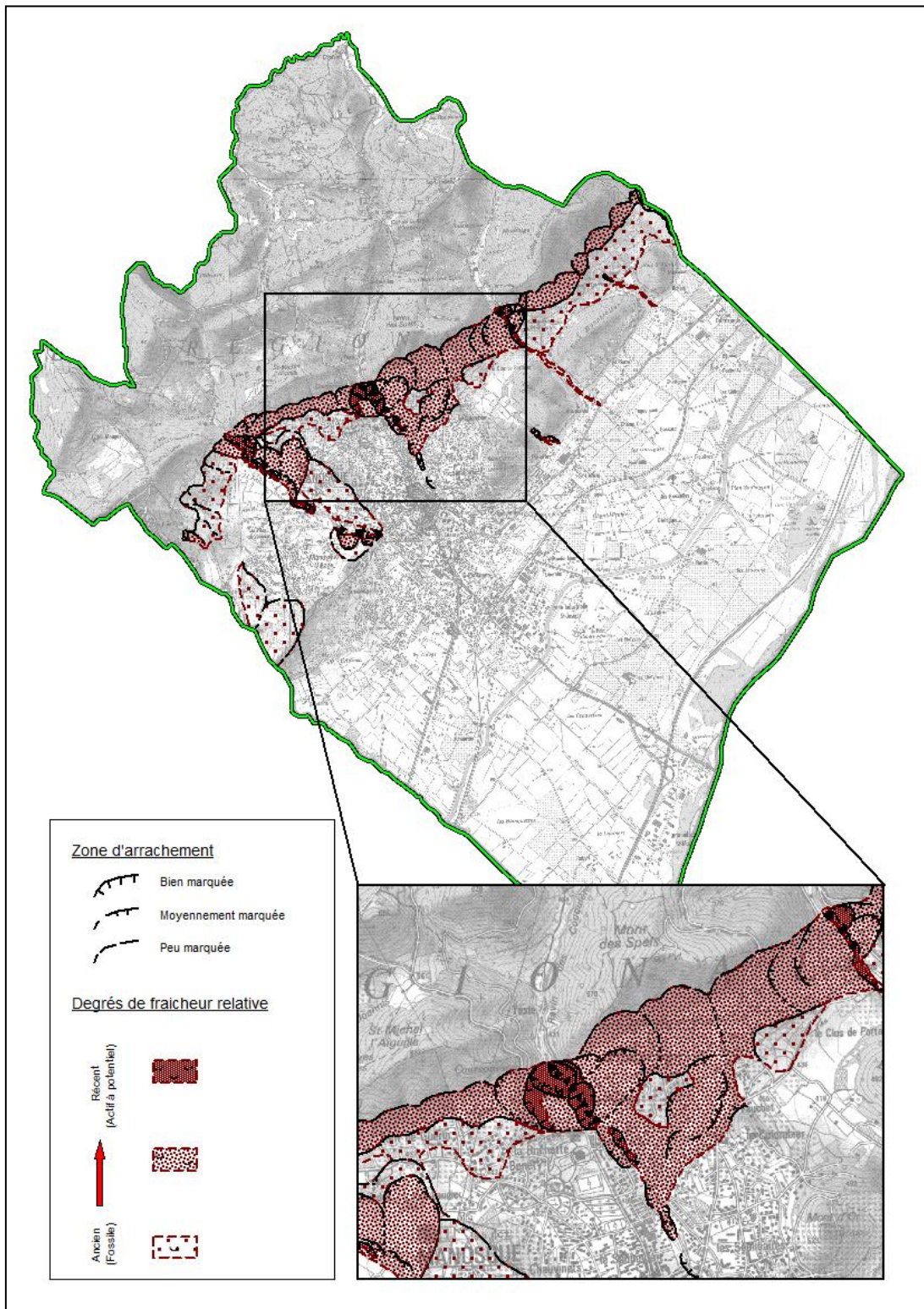


Figure 24 : Carte de localisation des glissements de terrain [Source : IMS_{RN}]



On peut différencier plusieurs types de glissements en fonction de leur configuration (pente du versant, présence d'un cours d'eau, ...).

Ainsi, on observe des glissements présentant des signes d'activités évidents là où les torrents entaille franchement les formations sensibles ; c'est le cas en rive gauche du Ravin de Valveranne (au SW de la Colline de Pimayon) [**Voir Exemple 1, ci-après**] ou encore au Ravin des Couquières, le long du cimetière, ...

On trouve également des glissements dans des pentes un peu plus faibles, sans véritable réseau hydrographique en pied ; comme dans le versant S du Mont des Spels (en aval du secteur du Pain de Sucre) [**Voir Exemple 2, ci-après**], ou alors dans le secteur de Fond de Guérin, ...

Enfin des glissements sont présents en plaine, le long des torrents. Dans ces cas là, ils sont très localisés et associés aux érosions de berges qui se produisent le plus souvent dans la partie extérieure des courbes du cours d'eau : Ravin des Couquières (secteurs de la Ponsonne et du Faubourg Saint-Lazare) [**Voir Exemple 3, ci-après**], Ravin de Drouye, ...

En dehors de ces formations, on trouve des glissements dans les reliefs au Nord du territoire communal, dans certaines lithologies sensibles.

Les feux de forêt susceptibles de se produire sur la commune de Manosque peuvent aggraver ce phénomène du fait de la destruction de la végétation (qui participe à la stabilisation des terrains).

Exemple 1 : Glissement en rive gauche du Ravin de Valveranne (Site STM01 de la BDMVT)

Ce glissement est situé sur le flanc SW de la Colline de Pimayon [**Fig. 25 et 26**].

Le torrent de Valveranne entaille les formations argileuses. Ainsi privé de butée de pied, le versant va présenter des signes d'évolution comme des zones d'arrachement en amont, visibles sur les photos aériennes.

Nos visites sur le terrain nous ont permis de constater un grand nombre de désordres associés à ce mouvement : fissures et déformations de la chaussée, des murs, et arbres penchés.

Une habitation présente des fissures importantes dont une, située dans un angle, ouverte (quelques centimètres de large). Entre deux de nos visites (espacées de 7 jours), nous avons pu constater l'apparition de nouvelles fissures.

Tous ces indices prouvent que l'activité de ce secteur est avérée, avec une zone de plus forte intensité en pied de versant.

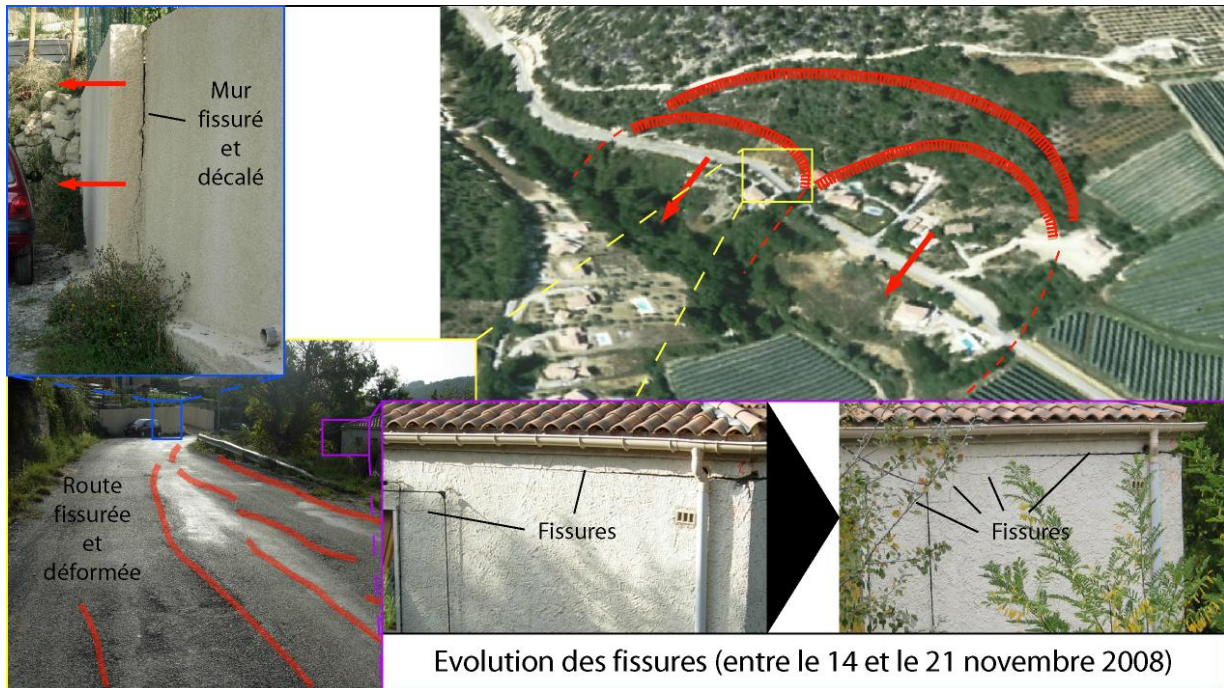


Figure 25 : Glissement en rive gauche du Ravin de Valveranne (Site STM01) [Source : IMS_{RN}]

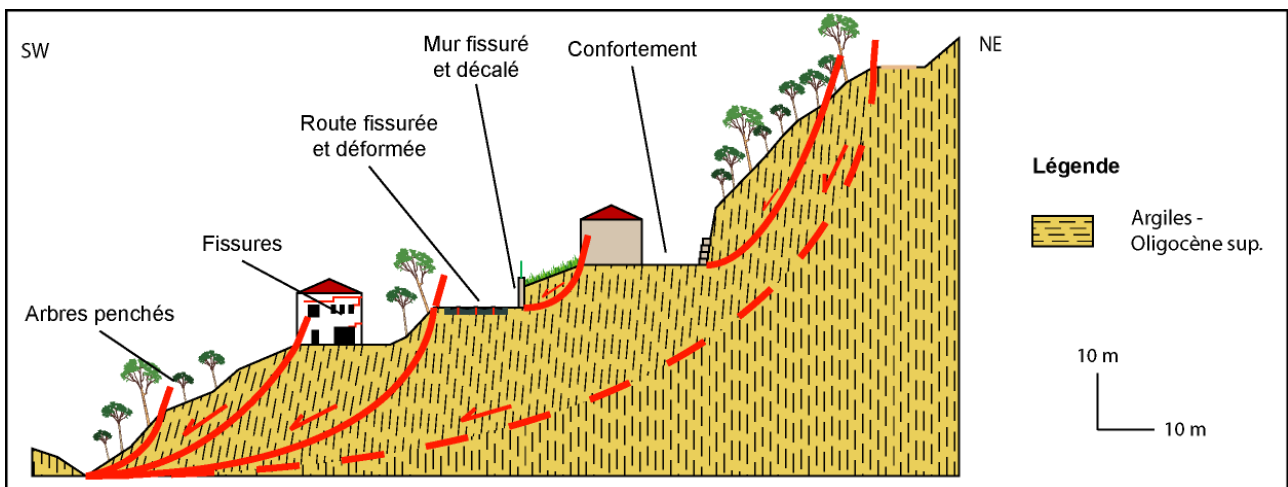


Figure 26 : Coupe schématique du glissement en rive gauche du Ravin de Valveranne (Site STM01) [Source : IMS_{RN}]

Exemple 2 : Glissement dans le versant S du Mont des Spels (Site STM05 de la BDMVT)

Ce glissement est situé en aval du secteur du Pain de Sucre [Fig. 27 et 28].

Du fait de la pente, les molasses auront tendance à glisser malgré l'absence de cours d'eau en pied. Ce mouvement pourra s'intensifier durant des épisodes pluvieux.

On note des signes évidents de glissements dans ce secteur, tels que des déformations dans la chaussée, des désordres dans la végétation. Les murets montrent également des fissures et parfois des décalages de l'ordre de quelques centimètres.



Une palissade en bois servant de confortement à un talus présente une détérioration liée aux mouvements du sol.

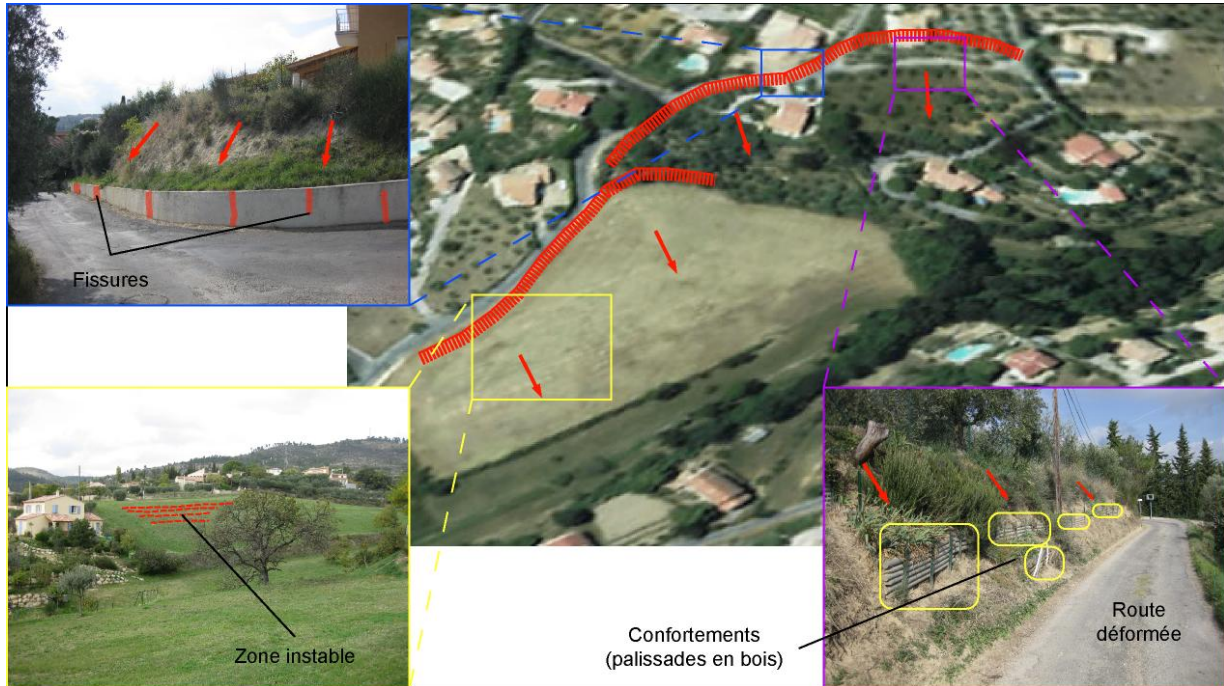


Figure 27 : Glissements dans le versant S du Mont des Spels (Site STM05) [Source : IMS_{RN}]

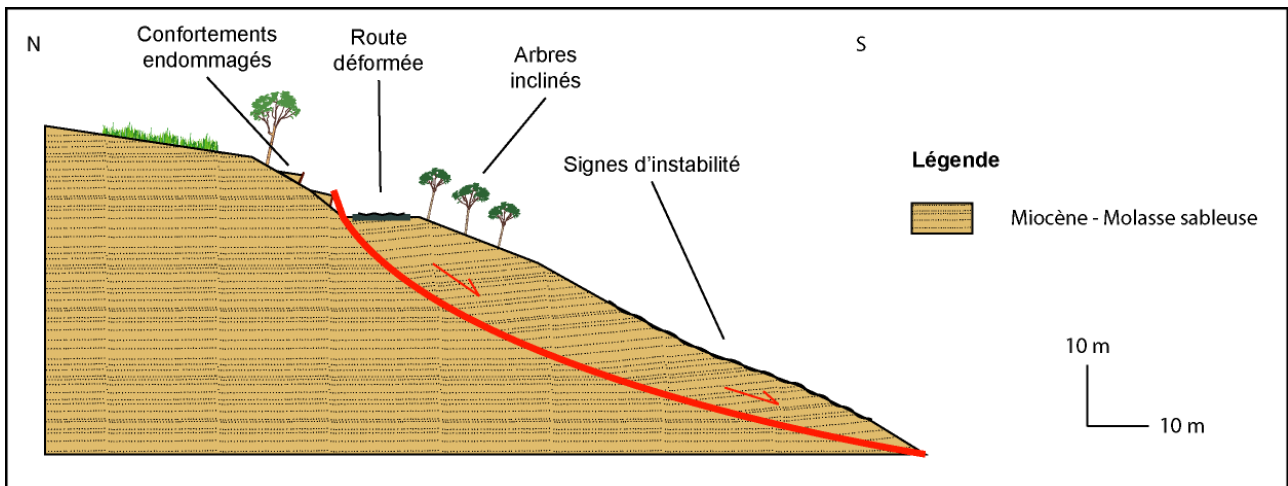


Figure 28 : Coupe schématique du glissements dans le versant S du Mont des Spels (Site STM05) [Source : IMS_{RN}]

Exemple 3 : Glissements le long du Ravin des Couquières (Site STM09 de la BDMVT)

Ces glissements sont situés dans les secteurs de la Ponsonne et du Faubourg Saint-Lazare [Fig. 29 et 30].

L'action de sape du cours d'eau, particulièrement important lors d'épisodes pluvieux, entraîne une fragilisation des berges qui à terme provoque leur glissement.



Cela se traduit par une morphologie en escalier, par des désordres sur la végétation, ...

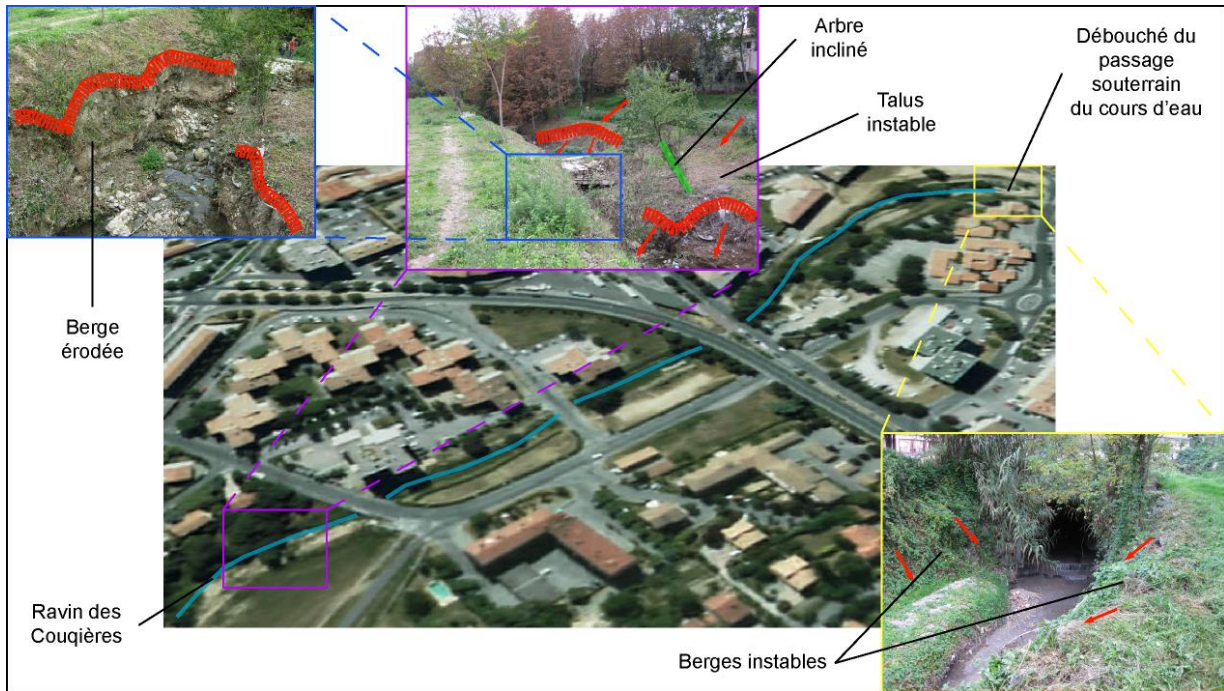


Figure 29 : Glissements le long du Ravin des Couquières (Site STM09) [Source : IMS_{RN}]

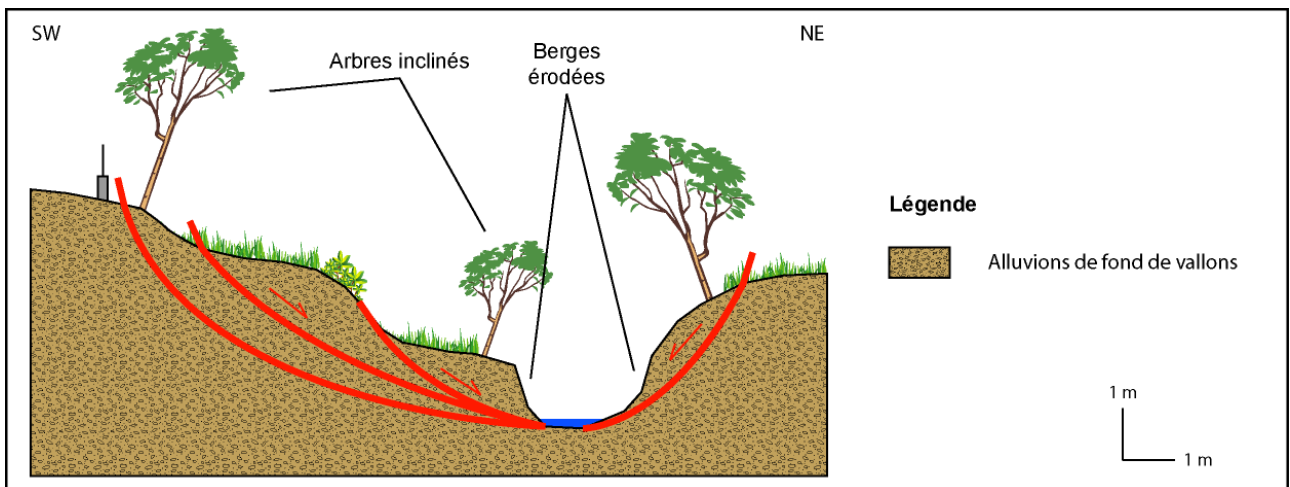


Figure 30 : Coupe schématique du glissements le long du Ravin des Couquières (Site STM09) [Source : IMS_{RN}]



V.1.4. Éboulements / Chutes de blocs et de pierres

V.1.4.1. Généralités

L'éboulement est un phénomène qui affecte les roches compétentes. Il se traduit par le détachement d'une portion de roche de volume quelconque depuis la masse rocheuse [Fig. 31]. La cinématique est très rapide.

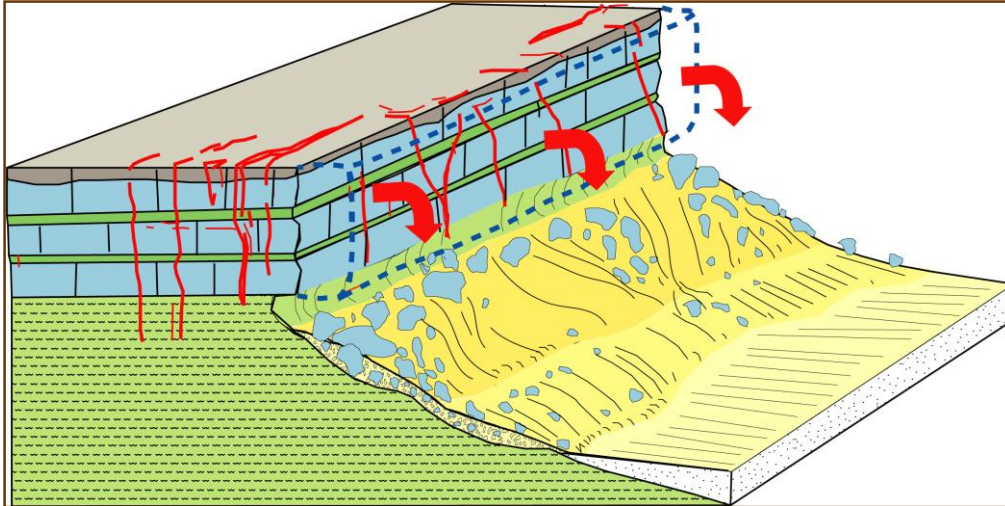


Figure 31 : Schéma conceptuel du phénomène chutes de blocs [Source : IMS_{RN}]

On différencie les éboulements d'après la taille des blocs détachés :

- Eboulement en masse lorsque le volume total est supérieur à 1000 litres ;
- Chute de blocs lorsque le volume est compris entre 1 et 1000 litres ;
- Chutes de pierres lorsque le volume est inférieur ou égal au litre.

Sur la commune de Manosque, on ne trouve aucun éboulement en masse, seulement des chutes de blocs et de pierres.

Les chutes de pierres sont des phénomènes cycliques provoqués par une desquamation des parois. Elles peuvent aussi se déplacer depuis le talus rocheux en bordure de route et se propager sur la chaussée.

Les chutes de blocs sont des phénomènes à occurrence unique. Les blocs peuvent être soit isolés (s'ils sont issus de détachements très localisés) soit rassemblés dans un enchevêtrement formant un chaos.

Le facteur déclenchant principal de ce type de mouvement est la gravité, mais les phénomènes climatiques (pluies, cycles gel-dégel) jouent également un rôle important. La présence de végétation au niveau des fractures est un phénomène aggravant.

Il à noter que la hauteur de la falaise n'influe pas sur le déclenchement du phénomène mais plutôt sur son amplitude (distance de propagation, énergie au moment de l'impact).



V.1.4.2. **Eboulements / Chutes de blocs et de pierres sur la zone d'étude**

L'étude historique ne nous a pas permis d'identifier d'événements directement liés aux chutes de blocs ou de pierres. Cependant lors de nos investigations de terrain, nous avons pu identifier des secteurs où le phénomène est évident.

Du fait de l'absence de grands escarpements massifs sur le territoire communal, on ne trouve pas de zones d'éboulement. Les seuls secteurs susceptibles de générer des chutes de blocs conséquentes se situent le long des routes, lorsqu'elles entaillent les formations de calcaires, marno-calcaires et de grès.

Exemple : Chutes de blocs au bord de la route longeant la rive gauche du Ravin de Valveranne

Au niveau du passage au droit de la Colline de Pimayon, apparaît un escarpement (d'environ 7 mètres de hauteur) constitué des « Calcaires de Vachères » (g_{2c}), ayant un pendage vertical à sub-vertical [**Fig. 32 et 33**].

Du fait de l'érosion des interlits marneux, par le ruissellement, et de la fissuration les bancs calcaires tendent à se déchausser et à tomber sur la route.

L'activité de ce secteur est récurrente. En effet, entre deux de nos visites de terrain (espacées de 7 jours), nous avons pu constater l'apparition de nouveaux blocs au bord de la route.

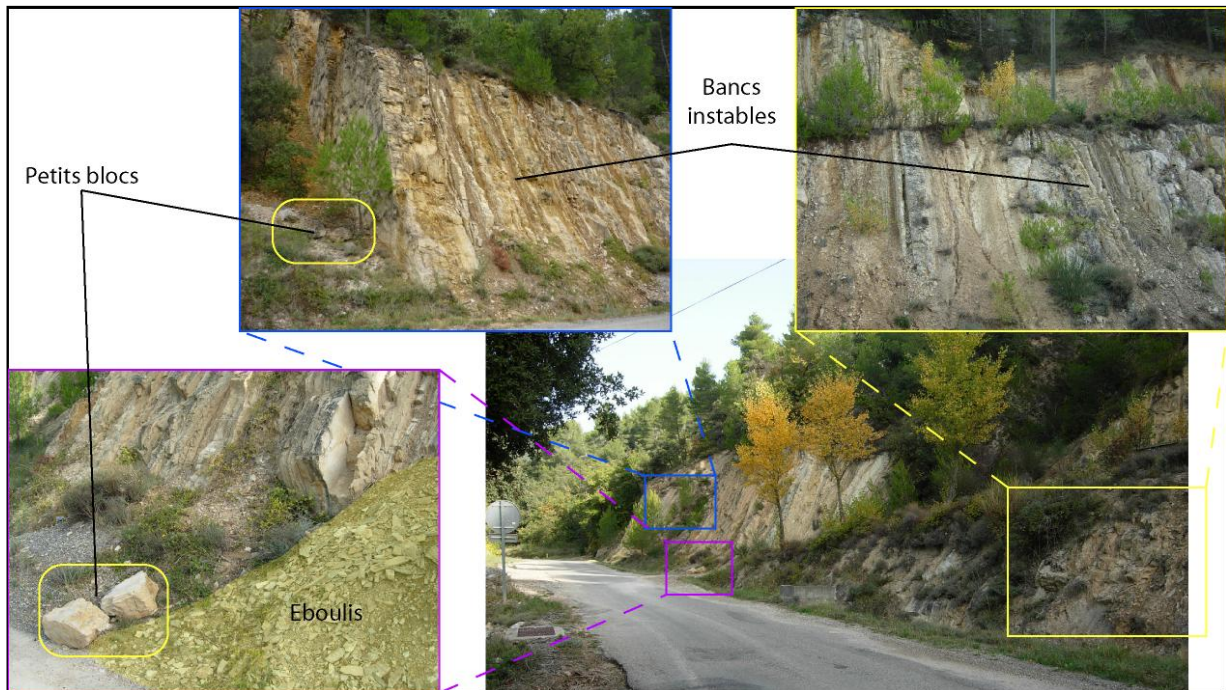


Figure 32 : Chutes de blocs au bord de la route longeant la rive gauche du Ravin de Valveranne (Site STM02) [Source : IMS_{RN}]

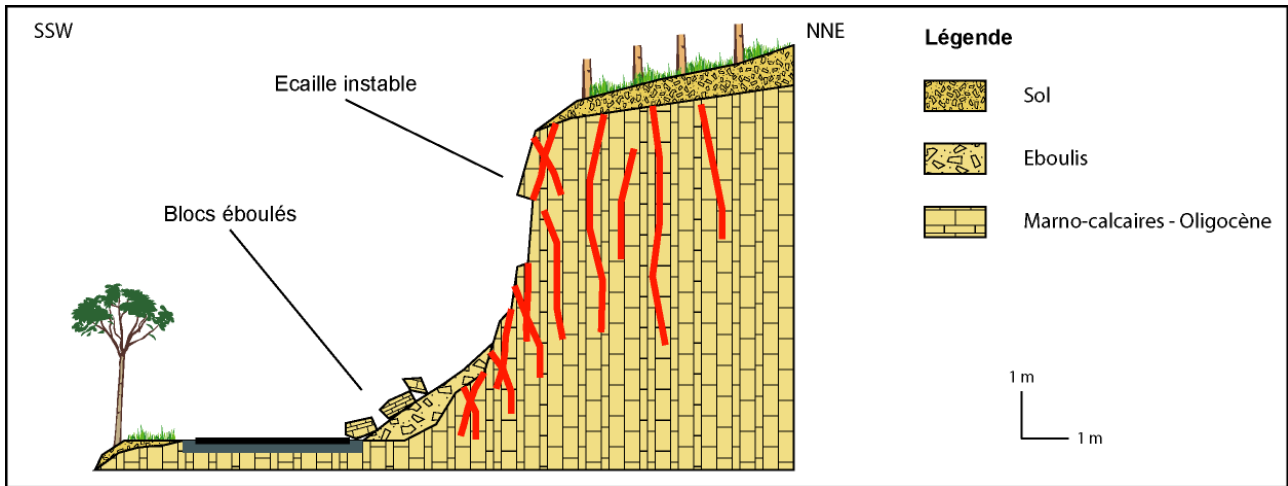


Figure 33 : Coupe schématique des chutes de blocs au bord de la route longeant la rive gauche du Ravin de Valveranne (Site STM02) [Source : IMS_{RN}]

En dehors des zones où les lithologies défavorables sont entaillées, des chutes de blocs et de pierres peuvent se produire sur les versants couverts d'éboulis.

Les feux de forêt susceptibles de se produire sur le territoire communal peuvent aggraver ce phénomène du fait de la destruction de la végétation (qui joue à la fois un rôle de stabilisation des terrains et un rôle d'écran en cas de chute de blocs).

V.1.5. Ravinement

V.1.5.1. Généralités

Le ravinement est un phénomène d'érosion régressive, provoquant des entailles peu profondes dans le versant.

Le ravinement est engendré par un écoulement hydraulique superficiel. Il est directement lié à la lithologie, l'écoulement et la pente. Il faut savoir que l'action anthropique et la dévégétalisation peuvent jouer un rôle important dans l'apparition du ravinement.

V.1.5.2. Ravinement sur la zone d'étude

L'étude historique nous a permis d'identifier 3 événements directement liés au ravinement. Cependant, bien que n'étant pas mentionné, ce phénomène accompagne souvent les crues.

Les principales formations touchées par le ravinement sont les marnes et marno-calcaires de l'Oligocène [Fig. 34] ainsi que la formation de Valensole.

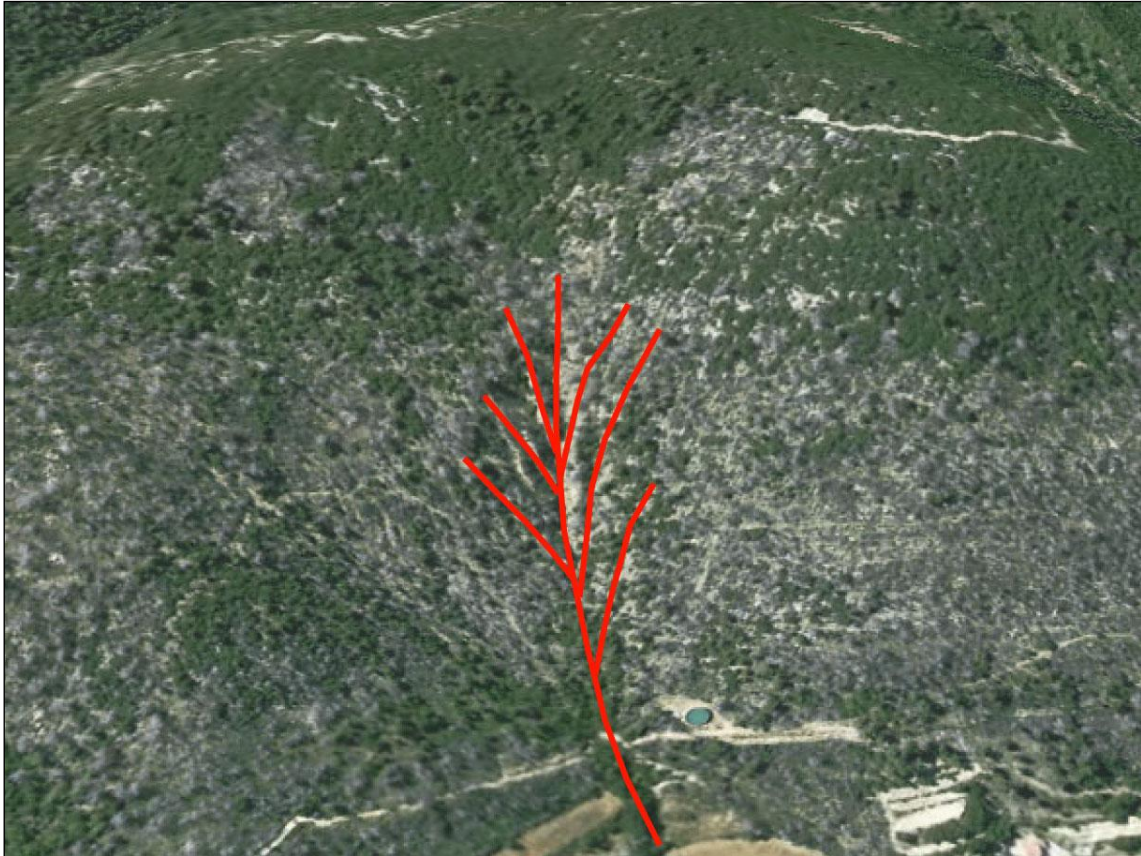


Figure 34 : Ravinement dans les formations marno-calcaires de la Colline de Pimayon [Source : IMS_{RN}]

On n'observe pas de zones fortement ravinées.

Les argiles Oligocène qui sont pourtant sensibles à ce phénomène, ne montre que très peu de signes de ravinement du fait de pentes trop faibles et de l'urbanisation importante limitant les écoulements d'eau.

Les feux de forêt susceptibles de se produire sur le territoire communal peuvent aggraver le phénomène de ravinement du fait de la destruction de la végétation (qui participe à la stabilisation des terrains).

V.1.5.3. Coulées boueuses

La **coulée de boue** est un mouvement rapide d'une masse de matériaux remaniés, à forte teneur en eau et de consistance plus ou moins visqueuse. Elle prend fréquemment naissance dans la partie aval d'un glissement de terrain.

Lors d'épisodes pluvieux importants, le ravinement s'accompagne souvent de coulées boueuses ; en effet la morphologie des zones ravinées a tendance à concentrer les écoulements.

L'étude historique nous a permis d'identifier un événement directement lié aux coulées de boue : le 23 octobre 2005, dans le secteur du Chemin de la Thomassine et de l'Impasse du Pimparin [**Fig. 35 et 36**].



Elle fait suite à un violent orage. La coulée de boue, provenant des terrains des collines situées en amont (fragilisés par les incendies de l'été 2005) a été plus ou moins canalisée par le talweg puis par la voirie avant de se répandre dans les cours et jardins des propriétés.

La coulée a charrié de grandes quantités de matériaux : troncs, branchages, pierres, ...



Figure 35 : Coulée de boue dans le secteur du Chemin de la Thomassine et de l'Impasse du Pimparin (Site STM07) [Sources : DDT 04 et IMS_{RN}]

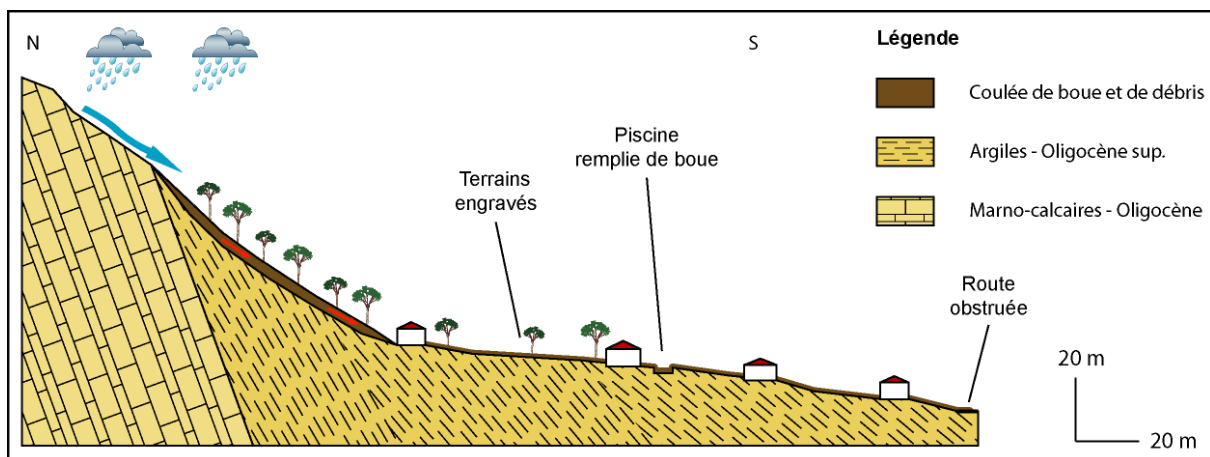


Figure 36 : Coupe schématique de la coulée de boue dans le secteur du Chemin de la Thomassine et de l'Impasse du Pimparin (Site STM07) [Sources : DDT 04 et IMS_{RN}]

Les coulées de boue se produisent également en bordure des glissements de terrain ou dans leur partie aval, là où les terrains remaniés présentent une faible cohésion.

Comme ce fut le cas pour la coulée d'octobre 2005, les feux de forêt susceptibles de se produire sur le territoire communal peuvent aggraver ce phénomène du fait de la destruction de la végétation (qui participe à la stabilisation des terrains).



V.1.6. Retrait-gonflement des argiles

V.1.6.1. Généralités

Le retrait par dessiccation des sols argileux lors d'une sécheresse prononcée et/ou durable produit des déformations de la surface du sol (tassements différentiels).

Il peut être suivi de phénomènes de gonflement au fur et à mesure du rétablissement des conditions hydrogéologiques initiales ou plus rarement de phénomènes de fluage avec ramollissement [Fig. 37].

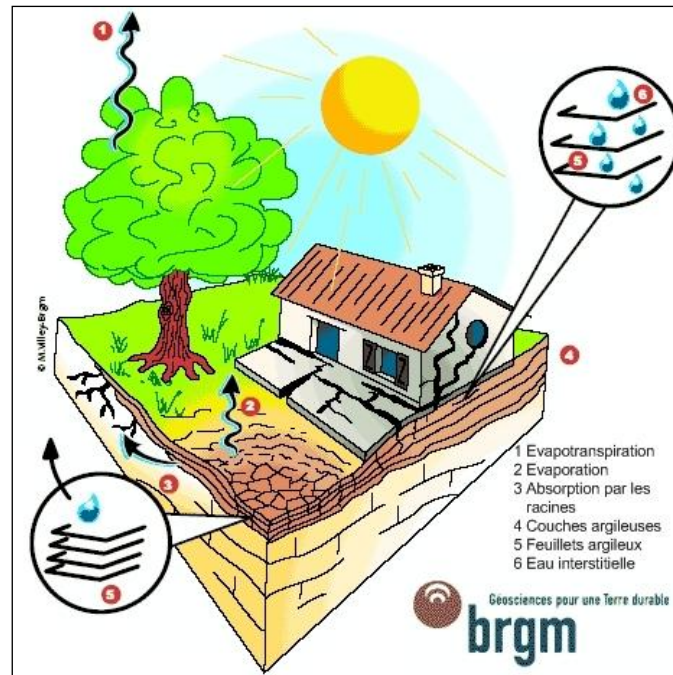


Figure 37 : Schématisation de la dessiccation des sols argileux en période sèche [Source : BGRM]

La nature du sol est un élément prépondérant : les sols argileux sont *a priori* sensibles, mais en fait seuls certains types d'argiles donnent lieu à des variations de volume non négligeables. La présence d'arbres ou d'arbustes au voisinage des constructions constitue un facteur aggravant.

Une sécheresse durable ou simplement la succession de plusieurs années déficitaires en eau sont nécessaires pour voir apparaître ces phénomènes.

La lenteur et la faible amplitude des déformations rendent ces phénomènes sans danger pour l'homme, mais les dégâts aux constructions individuelles et ouvrages fondés superficiellement peuvent être très importants en cas de tassements différentiels.

V.1.6.2. Approche méthodologique

En 2006, le BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minière) a établi une cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Alpes-de-Haute-Provence. Aussi, la qualification et la cartographie des aléas en découlent directement de cette étude moyennant quelques vérifications et/ou adaptations d'échelle locale.



V.1.6.3. **Retrait-gonflement sur la zone d'étude**

Le phénomène de retrait-gonflement n'étant pas directement perceptible, on ne peut l'estimer qu'en fonction de la lithologie et des dégâts qu'il engendre.

Sur la commune de Manosque, il est particulièrement présent comme en témoignent les 9 arrêtés de catastrophe naturelle, consécutifs à ce phénomène, qui ont été pris.

Ce sont surtout les formations argileuses de l'Oligocène supérieur (Marnes de Viens – g_3) qui sont fortement affectées par ce phénomène. Ainsi de nombreux sinistres sur les constructions ont été recensés sur cette lithologie [**Fig. 38**].

« Les marnes de Viens sont très riches en smectites. Les indices de gonflement sont élevés (0,05 à 0,1). L'hétérogénéité de cette formation, et surtout sa forte teneur en argiles gonflantes, la rend très problématique pour les constructions. Notons également que les colluvions qui la recouvrent sont de mauvaise qualité géotechnique. » [Source : Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Alpes-de-Haute-Provence – Rapport final – BRGM – Mars 2006]



Figure 38 : Travaux de confortement sur une villa dans le secteur du Pain de Sucre [Source : IMS_{RN}]

Les autres formations moyennement affectées par ce phénomène sont les marnes et marno-calcaires de l'Oligocène (g_{1b} , g_{1M} , g_{2a-1} , g_{2a-2} , g_{2a-3} , g_{2c}), les molasses du Miocène (m_1 , m_{2-3}) et la formation de Valensole (H, R_H).

Enfin, les formations peu affectées sont principalement les grès et marnes du Bois d'Asson (g_{2b}) et les alluvions et colluvions du Quaternaire (F_x , J_y , R_{yH} , P_y , F_y , F_z , F_{y-z}).



V.2. Fiches descriptives des mouvements de terrain

10 sites pouvant être considérés comme représentatifs de l'ensemble des phénomènes mouvements de terrain affectant ou pouvant affecter la zone d'étude ont été étudiés en détail [Fig. 39]. Les caractéristiques de ces sites et des phénomènes qui y ont été observés sont récapitulées sous forme de fiches descriptives et illustrées par des photos et des coupes géologiques [Voir fiches descriptives des mouvements de terrain en annexe].

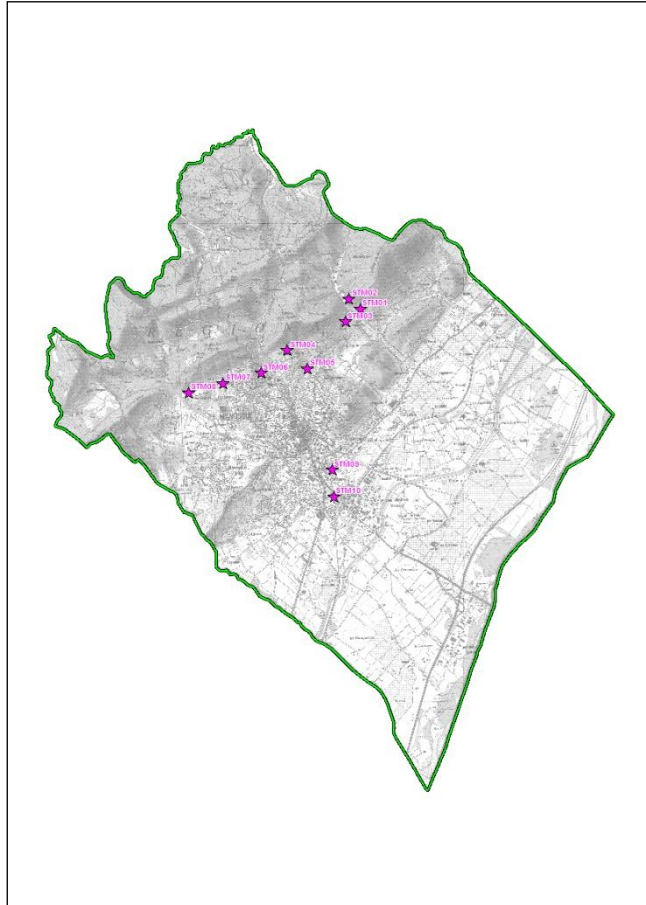


Figure 39 : Répartition géographique des sites représentatifs des phénomènes mouvements de terrain affectant la zone d'étude [Source : IMS_{RM}]

Ces données ont été stockées sous la forme d'une base de données informatique sous SIG (Système d'Information Géographique). Elle se présente sous la forme :

- d'une table (fichier « BDMVT_Manosque.mbd » (*Microsoft Access Database*) ou « BDMVT_Manosque.TAB » (*MapInfo*) où chaque mouvement de terrain est représenté par une ligne ; chaque colonne est une rubrique tel que numéro d'identification, le type de mouvement, la date d'occurrence, la localisation, etc,
- d'une fiche descriptive par désordre recensé illustrant de façon commode et décrivant de façon très précise et logique chaque site sujet à des mouvements de terrain évidents et/ou historique.



L'ensemble de ces données peut être considéré comme représentatif à l'échelle de la zone d'étude. L'analyse de ces données nous a permis d'établir la typologie des phénomènes susceptibles de se produire, et surtout d'identifier les configurations (lithologie, géométrie, fracturation, pente, etc.) qui sont favorables au déclenchement de tels phénomènes.



V.3. Qualification et cartographie des aléas Mouvements de terrain

V.3.1. Définition de l'aléa

De façon générale, la carte d'aléa peut être définie comme la probabilité d'apparition d'un phénomène donné sur un territoire donné, dans une période de référence donnée.

Cette définition comporte donc les éléments suivants :

- La référence à un ou plusieurs phénomènes bien définis et d'une intensité donnée. Il se trouve que dans notre cas et comme nous venons de le voir précédemment, la région d'étude est sujette à plusieurs types de phénomènes très différents (avalanche, affaissement/effondrement, éboulement, chute de blocs, ravinement, glissement/coulée boueuse, ...). Nous avons introduit une notion d'intensité qui permet de traiter simultanément les aléas correspondant à tous ces phénomènes. Elle sera estimée la plupart du temps en fonction de la possibilité de mettre en œuvre une parade technique pour s'en prémunir et du coût de sa réalisation. Ces paramètres seront évalués à l'aide des caractéristiques des mouvements de terrain répertoriés (volume mobilisé, vitesse de déplacement...).
- Une composante spatiale : un aléa donné s'exerce sur une zone donnée, qu'il faut délimiter. Des difficultés ont surgi lors de la délimitation des zones sujettes à des éboulements/chutes de blocs ou encore à des glissements de terrain. L'extension de ces derniers est toujours délicate à évaluer. Pour les éboulements/chutes de blocs, nous avons utilisé la carte de pente et le MNT de la commune pour délimiter ces zones [(pour des déterminations plus précises il faut avoir recours à la modélisation numérique (trajectographie des blocs)]. Pour les glissements de terrain nous avons utilisé les lignes morphologiques issues aussi bien de la photo-interprétation et de l'étude de terrain pour délimiter ces zones (pour des déterminations plus précises il faut avoir recourt aux sondages. Nous avons également eu des difficultés pour délimiter en surface les zones sujettes aux phénomènes affaissement/effondrement par simple étude de surface. Nous avons ajusté au mieux ces limites en zone de transition plein versant en utilisant les courbes de niveaux et le MNT. Pour des délimitations plus précises il faut avoir recours à la géophysique (prospection Radar et/ou sismique) ou à des sondages.
- Une composante temporelle : c'est la possibilité plus ou moins grande d'occurrence temporelle du phénomène. En règle générale, la complexité du milieu naturel géologique et son évolution ne permettent pas de qualifier la probabilité d'occurrence d'un mouvement de terrain, comme cela se pratique couramment dans le domaine des risques sismiques ou hydrologiques (quasi-impossibilité d'effectuer une prédiction de la date de déclenchement d'un mouvement de terrain, sauf parfois dans les quelques jours qui les précèdent). La seule voie actuellement opérationnelle consiste en une approche plus qualitative, dite de prédisposition du site à un type de phénomène donné. La plupart du temps, il faut se contenter d'estimer qualitativement un niveau de probabilité, pour une durée conventionnelle d'une centaine d'années (de l'ordre de la durée de vie des constructions et ouvrages).



V.3.2. Démarche

La démarche qui conduit à l'estimation et au zonage de l'aléa peut-être résumée de la façon suivante :

- Recensement des phénomènes actifs ou passés et identification des facteurs d'instabilité les plus défavorables régionalement. Cette étape constituant l'étape fondamentale de la démarche a été présentée dans le chapitre précédent. Elle conduit à l'élaboration d'une base de données des phénomènes naturels (Fiches descriptives des mouvements de terrain en format Access et MapInfo) et d'une carte informative des mouvements de terrains. Une classification des différents phénomènes intégrant une estimation de l'occurrence potentielle a été prise en compte lors de l'élaboration de ce document qui constitue la pièce maîtresse du PPR. En effet, il s'agit d'un document de synthèse et d'interprétation de l'ensemble des informations recueillies sur la région.
- Délimitation et étude des secteurs géologiquement homogènes,
- Estimation de l'aléa dans chaque zone définie comme homogène vis-à-vis des facteurs identifiés précédemment. Les zones soumises à plusieurs types d'instabilités, ont été qualifiées vis-à-vis des différents phénomènes.
- Qualification de l'aléa : définition d'une échelle de gradation d'aléas.

V.3.3. Définition des degrés d'aléa et zonage

La difficulté à définir l'aléa interdit de rechercher une trop grande précision dans sa quantification. On se bornera donc à hiérarchiser l'aléa en quatre niveaux (ou degrés), traduisant la combinaison de l'intensité et de la probabilité d'occurrence du phénomène. Par cette combinaison, l'aléa est qualifié de nul (niveau 0), de faible (niveau 1), de moyen (niveau 2) et de fort (niveau 3). Cette démarche est le plus souvent subjective et se heurte au dilemme suivant : une zone atteinte de manière exceptionnelle par un phénomène intense doit-elle être décrite comme concernée par un aléa faible (on privilégie la faible probabilité d'occurrence du phénomène), ou par un aléa fort (on privilégie l'intensité du phénomène) ?

La vocation des PPR conduit à s'écarter quelque peu de la stricte approche probabiliste pour intégrer la notion **d'effet sur les personnes et les biens** pouvant être affectés. Il convient donc de privilégier l'intensité des phénomènes plutôt que leur probabilité d'occurrence.

Les différents niveaux d'intensité des phénomènes seront évalués en fonction de la possibilité de mettre en œuvre une parade technique pour s'en prémunir et du coût de sa réalisation. Ces paramètres seront évalués à l'aide des caractéristiques des mouvements de terrain répertoriés (volume mobilisé, vitesse de déplacement...).

Cette hiérarchisation a pour but de différencier les phénomènes majeurs des phénomènes plus secondaires.

Aléa fort (niveau 3)

Phénomènes de grande ampleur ou intéressant une aire géographique débordant largement du cadre parcellaire. Dans ces zones les caractéristiques sont telles qu'aucune parade technique permettant de s'en prémunir ne pourra être mise en place ou sera techniquement difficile à réaliser et/ou aura un coût très important :



- Eboulements/chutes de blocs (quel que soit le volume mobilisé en raison de leur **intensité**, de la **soudaineté** et du caractère **dynamique** de leur déclenchement) ;
- Glissements actifs mettant en mouvement un volume de terrain très important (de l'ordre de plusieurs centaines de milliers de m³) ;
- Glissements anciens ayant provoqué de fortes perturbations ;
- Coulées de boue importantes ;
- Avalanches, ...

On pourra faire correspondre ce niveau d'aléa au phénomène le plus important connu sur le périmètre d'étude.

Aléa moyen (niveau 2)

Phénomènes d'ampleur réduite dont le coût des parades techniques pouvant être mis en place pourra être supportable financièrement par un groupe restreint de propriétaires (immeubles collectifs, petit lotissement, ...).

Aléa faible (niveau 1)

Phénomènes actifs ou anciens dont le coût des parades techniques pour s'en prémunir serait supportable financièrement par un propriétaire individuel.

Aléa présumé nul (niveau 0)

Aucun type de mouvement de terrain (actif ou ancien) n'a été répertorié.

V.3.4. Définition des aléas par phénomène naturel

Afin de faciliter la lisibilité de la carte, la représentation des aléas a été dissociée dans un premiers temps en fonction du type d'aléas, puis sera regroupé sur une seule et même carte d'aléa. Sur la zone d'étude, il existe des superpositions importantes d'aléas (3 à 4 aléas par endroit) et notamment en zone montagneuse. Les phénomènes superposés sont gérés en respectant, sauf exception, le principe suivant :

- l'aléa le plus fort masque l'aléa le plus faible ;
- pour des aléas de même niveau, l'aléa le moins étendu géographiquement couvre l'aléa le plus étendu géographiquement ;
- les limites d'aléa apparaissent toujours au-dessus du zonage avec des teintes allant du jaune au marron conformément au cahier des charges.

Chaque zone distinguée sur la carte des aléas est matérialisée par une limite, une couleur traduisant le degré d'aléa et une lettre indiquant la nature des phénomènes naturels intéressant la zone indexée d'un chiffre (1, 2, 3) correspondant au degré de l'aléa [**Tab. 4**].



NATURE DU MOUVEMENT

		Affaissements / Effondrements	Eboulements / Chutes de blocs et de pierres	Glissements de terrain	Ravinement	Retrait-gonflement des argiles
DEGRES D'ALEA	<i>Fort</i>	F3	P3	G3	E3	R3
	<i>Moyen</i>	F2	P2	G2	E2	R2
	<i>Faible</i>	F1	P1	G1	E1	R1
	<i>Nul</i>	F0	P0	G0	E0	R0

Tableau 4 : Echelle de gradation de l'aléa Mouvements de terrain [Source : IMS_{RN}]

Certaines zones, dans lesquelles aucun phénomène actif n'a été décelé, sont décrites comme étant exposées à un aléa faible - voire moyen - de mouvement de terrain ou d'avalanche. Le zonage traduit un contexte topographique ou géologique dans lequel une modification des conditions actuelles peut se traduire par l'apparition de nombreux phénomènes. Les modifications peuvent être très variables, tant par leur nature que par leur importance. Les causes les plus fréquemment observées sont : les terrassements, les rejets d'eau et les épisodes météorologiques exceptionnels.

Dans la majorité des cas, l'évolution des phénomènes naturels est continue, la transition entre les divers degrés d'aléa est donc théoriquement linéaire. Lorsque les conditions naturelles – notamment la topographie – n'imposent pas de variations particulières, les zones d'aléas fort, moyen et faible sont "emboîtées". Il existe donc, dans ce cas, pour une zone d'aléa fort donnée, une zone d'aléa moyen et une zone d'aléa faible qui traduit la décroissance de l'activité et/ou de la probabilité du phénomène avec l'éloignement. Cette gradation est théorique, et elle n'est pas toujours représentée, notamment du fait des contraintes d'échelle et de dessin.

Par ailleurs, la carte des aléas est établie, sauf exceptions dûment justifiées, **en ne tenant pas compte d'éventuels dispositifs de protection existants**. Par contre, au vu de l'efficacité réelle actuelle de certains de ces derniers, il pourra être proposé dans le rapport de présentation un reclassement des secteurs protégés afin de permettre la prise en considération du rôle des protections au niveau du zonage.

Une synthèse de la qualification des aléas par type d'aléas pour les plus fréquents et représentatifs de la zone d'étude est exposée à titre indicatif ci-après.



V.3.4.1. **Aléa Affaissements / Effondrements**

Le phénomène Affaissements / Effondrements a fait l'objet d'une étude spécifique. Cette mission confiée au bureau d'étude GEODERIS a abouti en 2007 à une cartographie de cet aléa à l'échelle de la commune de Manosque. Dans le cadre du présent PPR les différentes zones d'aléas Affaissements / Effondrements identifiées par le bureau d'étude ont été transcrites sur notre cartographie du reste des aléas mouvements de terrain.

Il faut noter que la délimitation des zones sujettes à ce type de phénomène est toujours très difficile par simple étude de surface. Par ailleurs, devant le manque de coordination dans l'exploitation des mines, la nature et la géométrie des gisements, et la multiplicité des entrées, il est très délicat de réaliser un zonage de l'aléa précis.

La majeure partie de ces phénomènes apparaît, à l'aplomb des galeries d'exploitation. C'est pourquoi la démarche suivie par GEODERIS a consisté à situer avec précision l'ensemble des galeries recensées à ce jour. Ils ont, par la suite, évalué de part et d'autre du cheminement de ces galeries une zone pour laquelle l'occurrence d'un événement de type effondrement est supérieure à la normale qu'ils ont qualifiée d'aléa moyen. Puis, ils ont défini une auréole autour dont la largeur est fonction du niveau de précision des relevés de galeries disponibles, qu'ils ont qualifié d'aléas faibles. Cette méthodologie est très approximative sur les secteurs où le cheminement des galeries est totalement inconnu et où la seule trace visible témoignant de ces anciennes exploitations sont les seules entrées de galeries ou puits.

Nous avons constaté par ailleurs que cette étude ne prend pas en compte la potentialité de présence de cavités souterraine naturelles (karsts, poche de dissolution de gypse, ...). Dans le cadre de ce PPR, nous avons rajouté les zones de moyenne à forte prédisposition à la présence de ces cavités naturelles.

Aussi, deux notions primordiales ont été prises en compte pour l'identification des classes de prédisposition de la zone d'étude vis-à-vis de ces phénomènes :

- **la prédisposition à la rupture**
- **la présomption de présence de vide**

La prédisposition d'un site à l'apparition de désordres est évaluée qualitativement en fonction de paramètres caractérisant l'environnement du secteur considéré et le type de cavités : observations géologiques (lithologie, karstification, fracturation et fissuration géologiques, désordres divers tels que effondrements, fontis, clape, ...) ; importance de la couverture.

La notion de prédisposition d'un site à la rupture suffit dans le cas d'ouvrages et/ou de cavité connus et convenablement repérés.

En présence de formations potentiellement « karstifiable », mais dont on ne connaît pas avec certitude l'existence et/ou la localisation, on peut introduire un autre concept : celui de la « présomption de présence de vide ».

Le croisement de la présomption de présence de vides avec la prédisposition du site à la rupture permet de définir la classe de probabilité d'occurrence caractérisant le site étudié selon les termes classiques de **négligeable**, **faible**, **moyenne**, **forte**. Les zones de prédispositions fortes à moyennes ainsi définies ont été classées en zone d'aléa faible Affaissements / Effondrements.



V.3.4.2. Aléa Eboulements / Chutes de blocs et de pierres

Il n'existe pas d'étude trajectographique sur la zone d'étude permettant de définir l'aléa en fonction des probabilités d'atteinte d'une zone donnée par un bloc caractéristique. Le zonage est donc fondé sur l'enquête et les observations du terrain. Nous avons utilisé également la carte de pente et le MNT de cette région d'étude pour délimiter ces zones [Tab. 5].

Aléa	Indice	Critères
Fort	P3	<ul style="list-style-type: none"> - Zones exposées à des <u>éboulements en masse</u> et à <u>des chutes fréquentes de blocs</u> ou <u>de pierres</u> avec indices d'activité (éboulis vifs, zone de départ fracturée avec de nombreux blocs instables, falaise, affleurement rocheux). - Zone d'impact des blocs. - Auréole de sécurité autour de ces zones (amont et aval). - Bande de terrain en plaine au pied des falaises, des versants rocheux et des éboulis (largeur à déterminer, en général plusieurs dizaines de mètres).
Moyen	P2	<ul style="list-style-type: none"> - Zones exposées à ces chutes de blocs et de pierres isolées, <u>peu fréquentes</u> (quelques blocs instables dans la zone de départ). - Zones exposées à des chutes de blocs et de pierres isolées, peu fréquentes, issues d'affleurements de hauteur limitée (10 – 20 m). - Zones situées à l'aval des zones d'aléa fort. - Pente raide dans le versant boisé avec rocher sub-affleurant sur pente supérieure à 35°. - Remise en mouvement possible des blocs éboulés et provisoirement stabilisés dans le versant sur pente supérieure à 35°.
Faible	P1	<ul style="list-style-type: none"> - Zone d'extension maximale supposée des chutes de blocs ou de pierres (partie terminale des trajectoires). - Pente moyenne boisée, parsemée de blocs isolés, apparemment stabilisés (ex. : blocs erratiques). - Zone de chute de petites pierres.
Nul		<ul style="list-style-type: none"> - Aucun éboulement/chute de blocs ou chute de petits blocs et de pierres (ancien, actif, ou potentiel) n'a été répertorié

Tableau 5 : Echelle de gradation de l'aléa Eboulements / Chutes de blocs [Source : IMS_{RN}]



V.3.4.3. Aléa Glissements de terrain / Coulées de boue

Aléa	Indice	Critères
Fort	G3	<ul style="list-style-type: none"> - Glissements et/ou coulées boueuses actifs dans <u>toutes pentes</u> avec <u>nombreux indices de mouvements</u> (niches d'arrachement, fissures, bourrelets, arbres basculés, rétention d'eau dans les contre-pentes, traces d'humidité) et dégâts au bâti et/ou aux axes de communications. - Zones de terrain meuble, peu cohérent et de fortes pentes présentant des traces d'instabilités nombreuses - Auréole de sécurité autour de ces glissements et/ou coulées boueuses. - Zone d'épandage des coulées boueuses. - Glissements anciens ayant entraîné de fortes perturbations du terrain. - Berges des torrents encaissés qui peuvent être le lieu d'instabilités de terrain lors des crues.
Moyen	G2	<ul style="list-style-type: none"> - Situation géologique identique à celle d'un glissement actif et dans les <u>pent</u><u>es fortes à moyennes</u> (35° à 15°) avec <u>peu d'indices de mouvement</u> (indices estompés). - Topographie <u>légèrement déformée</u> (mamelonnée liée à du fluage). - Glissements et/ou coulées boueuses <u>fossiles</u> dans les <u>pent</u><u>es fortes à moyennes</u> (35° à 15°). - Glissement actif dans les pentes faibles (< 15° ou inférieure à l'angle de frottement interne des matériaux φ du terrain instable) avec pressions artésiennes. <p><i>Ces zones présentent une probabilité d'apparition de glissement de faible ampleur moyenne, mais qui peut devenir forte sous l'action anthropique (surcharge, route, terrassement). La probabilité d'apparition de mouvement de grande ampleur reste faible.</i></p>
Faible	G1	<ul style="list-style-type: none"> - Glissements <u>fossiles</u> dans les <u>pent</u><u>es faibles</u> (< 15° ou inférieure à l'angle de frottement interne des matériaux φ du terrain instable). - Glissements <u>potentiels</u> (pas d'indice de mouvement) dans les pentes moyennes à faibles (à titre indicatif : 20 à 5°) dont l'aménagement (terrassement, surcharge...) risque d'entraîner des désordres compte tenu de la nature géologique du site.
Nul		<ul style="list-style-type: none"> - Aucun glissement fossile, ancien, actif, ou potentiel n'a été répertorié

Tableau 6 : Echelle de gradation de l'aléa Glissements de terrain / Coulées boueuses [Source : IMS_{RN}]



V.3.4.4. Aléa Ravinement

Aléa	Indice	Critères
Fort	E3	<ul style="list-style-type: none"> - Versant en proie à l'érosion généralisée (bad lands). Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • présence de ravines dans un versant déboisé ; • griffe d'érosion avec absence de végétation ; • effritement d'une roche schisteuse dans une pente faible ; • affleurement sableux ou marneux formant des combes. - Écoulement concentré et individualisé des eaux météoriques sur un chemin ou dans un fossé.
Moyen	E2	<p>Zone d'érosion localisée.</p> <p>Exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> • griffe d'érosion avec présence de végétation clairsemée ; • écoulement important d'eau boueuse suite à une résurgence temporaire.
Faible	E1	<ul style="list-style-type: none"> - Versant à formation potentielle de ravines sans couvert végétal ou à végétation clairsemée et à forte pente. - Écoulements d'eau non concentrée, plus ou moins boueuse, sans transport solide sur les versants, et particulièrement en pied de versant.
Nul		<ul style="list-style-type: none"> - Versant à formation potentielle de ravines avec couvert végétal important - Versant à formation ne présentant aucun potentiel de ravine (calcaires massifs, grès, ...),

Tableau 7 : Echelle de gradation de l'aléa Ravinement [Source : IMS_{RN}]



V.3.4.5. **Aléa Retrait-gonflement des argiles**

L'aléa Retrait-gonflement a été délimité à partir des résultats cartographiques de l'étude BRGM « Cartographie de l'aléa Retrait-gonflement des argiles dans le département des Alpes de Haute Provence » (Rapport RP-54213-FR).

L'aléa Retrait-gonflement des argiles est par définition, la probabilité d'occurrence du phénomène. Le niveau d'aléa ici évalué de manière purement qualitative, pour chaque formation argileuse ou marneuse, en combinant la susceptibilité (selon trois critères : lithologique, minéralogique et géotechnique) et la densité de sinistres ; en accordant, conformément à la méthodologie déclinée au plan national, deux fois plus de poids à l'indice de susceptibilité qu'à la note de densité de sinistres

Les formations sont ensuite hiérarchisées en trois niveaux d'aléas (faible, moyen et fort).

Aléa	Indice
Fort	R3
Moyen	R2
Faible	R1
Nul	R0

Tableau 8 : Echelle de gradation de l'aléa Retrait-gonflement des argiles [Source : IMS_{RN}]



VI. PHENOMENES D'INONDATION ET DE CRUES TORRENTIELLES

VI.1. Connaissance et cartographie hydrogéomorphologique des phénomènes inondation et crues torrentielles

VI.1.1. Démarche – principes méthodologiques

- Les principes de base pris en compte pour la définition des aléas sont conformes à ceux définis par le guide méthodologique pour l'établissement des Plans de Prévention des Risques d'Inondation.

Il y est indiqué que la qualification de l'aléa s'effectue à la suite des analyses historiques et hydrogéomorphologiques [**Voir principes méthodologiques ci-dessous**] sur la base des informations recueillies au cours de ces 2 étapes préalables.

En l'absence d'informations historiques suffisantes pour qualifier les aléas, la seule information exploitable est la cartographie hydrogéomorphologique, croisée avec les autres informations disponibles à laquelle il convient d'ajouter l'expertise des ingénieurs chargés de la qualification des aléas.

Enfin, si des études qualifient les aléas pour la crue centennale sur la base d'une modélisation hydraulique, ce sont ces aléas qui seront pris en compte.

- Selon ces principes, il s'agit de retenir que **l'aléa sur lequel se basera la cartographie de zonage est celui retenu** :

- pour une crue centennale si celle-ci est connue ou a été modélisée ;
- pour la plus forte crue historique connue (circulaire du 24 janvier 1994).

A défaut, les aléas seront qualifiés sur la base de l'expertise des ingénieurs et de leur propre expérience en matière de connaissance du fonctionnement des cours d'eau et d'exploitation de la cartographie hydrogéomorphologique.

Ces principes privilégient la prise en compte :

- des événements qui se sont déjà produits, donc susceptibles de se reproduire, par ailleurs inscrits dans les mémoires ;
- des événements rares à exceptionnels pour la mise en sécurité des populations ;
- de la connaissance du fonctionnement naturel des cours d'eau et de leur évolution expliquant leur dynamique actuelle (et en particulier des inondations), de l'influence des aménagements réalisés..., soit du contexte hydrogéomorphologique.

- **Ainsi, sur la commune de Manosque, la qualification puis la cartographie des aléas inondation a été réalisée** par croisement des données acquises à ce jour et des diagnostics réalisés, à savoir :

- les connaissances sur les crues historiques acquises aux archives et par recueil de témoignages : manifestations des crues, niveaux atteints..., en particulier la crue de novembre 1886 et celle de janvier 1994 ;



- l'analyse hydrogéomorphologique des zones inondables sur la Durance, le ravin de Drouye, le ravin de Couquières, le ravin de Valveranne et l'ensemble des cours d'eau de la commune, en particulier ceux traversant aujourd'hui les zones urbanisées à l'ouest du territoire communal (voir principes et méthodologie dans le chapitre suivant). Cette approche permet d'étayer la connaissance sur le fonctionnement en crue des cours d'eau, et sa transcription en terme d'aléa complète l'analyse ;
- les visites de sites et la propre expertise des intervenants ;
- les études antérieures :
 - L'histoire des endiguements de la Durance dans le département des Basses-Alpes – 2^{ième} partie – DDT 04 – Jean-Marie GIBELIN
 - Plan des Surfaces Submersibles - Service des Ponts et Chaussées [1959],
 - Cartographie des zones inondables par la Durance entre Sisteron et Cadarache – Sud Aménagement Agronomie – 90-04-60 [Mars 1996],
 - Etude hydraulique et sédimentologique de la Moyenne et Basse Durance – SOGREAH – 510636 [Juin 1998],
 - Etude hydrogéomorphologique – CAREX – 02-107 [Septembre 2002],
 - Etude de l'atlas des zones inondables sur la Moyenne et la Basse Durance – GEOSPFAIR [Avril 2002],
 - Cartographie des zones inondables - Département des Alpes-de-Haute-Provence – SIEE (GINGER) [2007],
 - Restructuration des dispositifs de protection contre les crues – Commune de Manosque – SMAVD [Mai 2010].

Une modélisation hydraulique sur la Durance a été réalisée en Juin 1998 par SOGREAH dans le cadre de l'étude de la Moyenne et Basse Durance.

Une autre modélisation a été effectuée plus récemment (en Mai 2010) par le Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance (SMAVD) en ayant pour but la restructuration des dispositifs de protection contre les crues au niveau de Manosque. Elle a abouti, en Septembre 2010, à un dossier d'Avant Projet pour la protection de Zone Industrielle de Saint-Maurice en proposant 2 scénarios d'aménagement des digues actuelles. Cette étude servira de référence pour la qualification des aléas (ainsi que du zonage réglementaire) sur le cours de la Durance.

La définition des aléas intégrera en outre l'ensemble des observations ayant pu être effectuées sur le terrain : singularités des vallées et des ravins, présence de remblais, risques d'embâcle et autres cas particuliers ayant trait aux installations humaines (vulnérabilités, possibilités d'évacuation, type et capacité des ouvrages, ...) pouvant induire des modifications de l'intensité des aléas.



- **Résumé des études antérieures**

Plan des Surfaces Submersibles – Service des Ponts et Chaussées :

Ces plans ont été dressés en 1959 avant l'aménagement de la Durance par EDF alors que la mémoire des limites des grandes crues était encore vive et les documents sur les crues du XIX^{ème} siècle nombreux et précis [Fig. 40].

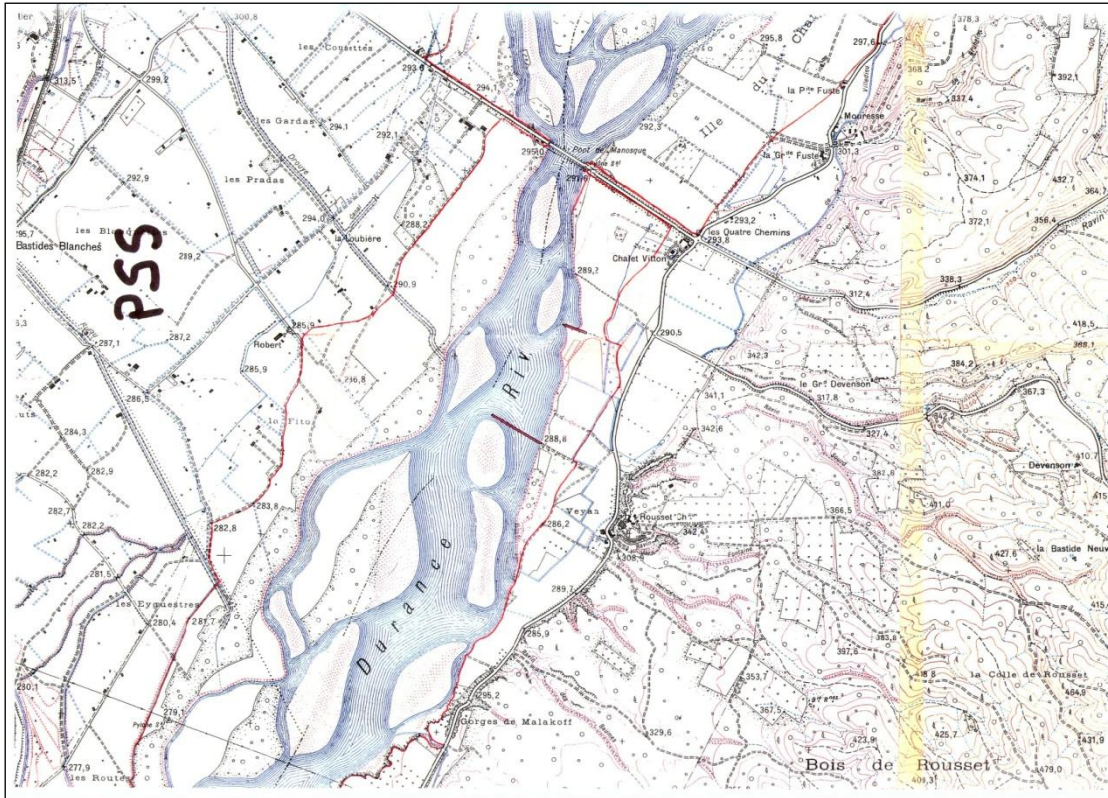


Figure 40 : Extrait du Plan des Surfaces Submersibles



Cartographie des zones inondables par la Durance entre Sisteron et Cadarache – Sud Aménagement Agronomie – 90-04-60 :

Cette étude a été réalisée en Mars 1996 en vue de son utilisation pour un PPR.

Elle a consisté en la cartographie de 2 types d'événements :

- crue de type exceptionnel : temps de retour de l'ordre de 30 à 50 ans (telles les crues qui se sont produites en Octobre 1993 et en Janvier 1994). La cartographie a pour base une enquête de terrain auprès des communes riveraines
- crue de type très exceptionnel ou de type catastrophique (temps de retour de 300, 500 ou 1000 pour les hydrauliciens). La cartographie a pour base les différentes modélisations complétées par l'étude de photographies aériennes et une reconnaissance de terrain

L'étude décrit dans un premier temps l'hydrologie de la Durance en prenant pour exemple le déroulement de la crue de Janvier 1994 (dont le débit a atteint 2800 m³/s à l'échelle de Mirabeau).

Elle explique ensuite le fonctionnement hydraulique des débordements tout le long du tronçon Sisteron-Cadarache.

Enfin elle dresse un règlement de type PPR, en s'appuyant sur une « carte de zonage » délimitant 2 zones : zone rouge à l'intérieur des limites de la crue de Janvier 1994 et zone bleue au-delà de ces limites jusqu'à celles de la crue paroxysmale **[Fig. 41]**.

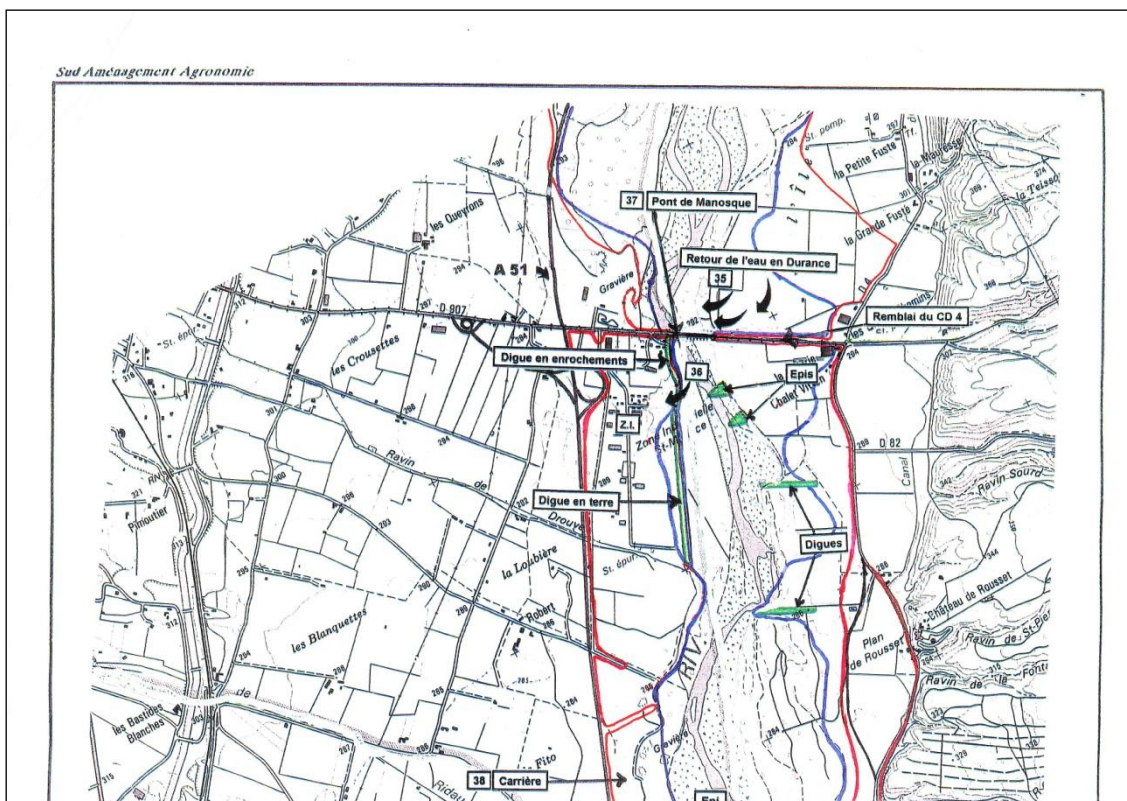


Figure 41 : Extrait de la cartographie des zones inondables par la Durance entre Sisteron et Cadarache



Etude hydraulique et sédimentologique de la Moyenne et Basse Durance – SOGREAH – 510636 :

Cette étude a été réalisée en Juin 1998 pour le compte du SMAVD.

Elle présente tout d'abord la Durance en l'analysant par tronçons (fonctionnement et évolution morphodynamiques, inondabilité « récente », usages, ressources en eau, projets).

Vient ensuite une analyse des crues historiques. L'étude ne retient que 4 crues majeures :

- 1843 (débit à Mirabeau : 5200 m³/s)
- Octobre 1882 (débit à Mirabeau : 5100 m³/s)
- Octobre-Novembre 1886 (débit à Mirabeau : 5000 m³/s)
- Janvier 1994 (débit : 2700 m³/s)

Enfin l'étude décrit le modèle (modélisation bidimensionnelle des écoulements) qu'ils ont utilisé pour cartographier les débits, vitesses et niveaux d'eau sur la Durance. Le rôle des digues et des épis y est également présent. Il est aussi expliqué comment ce modèle a été calé.

Plusieurs simulations ont été effectuées en utilisant trois types de débits de pointe

- 3000 m³/s en pointe à Cadarache, forme normale : crue de type Janvier 1994 (période de retour : 25 ans)
- 4000 m³/s en pointe à Cadarache, débit de pointe maintenu pendant 15 heures : crue de type Octobre 1886 (période de retour : 50 ans)
- 5000 m³/s en pointe à Cadarache, 2 crues successives en 72 heures : crue de type Novembre 1886 (période de retour : 100 ans) [Fig. 42]

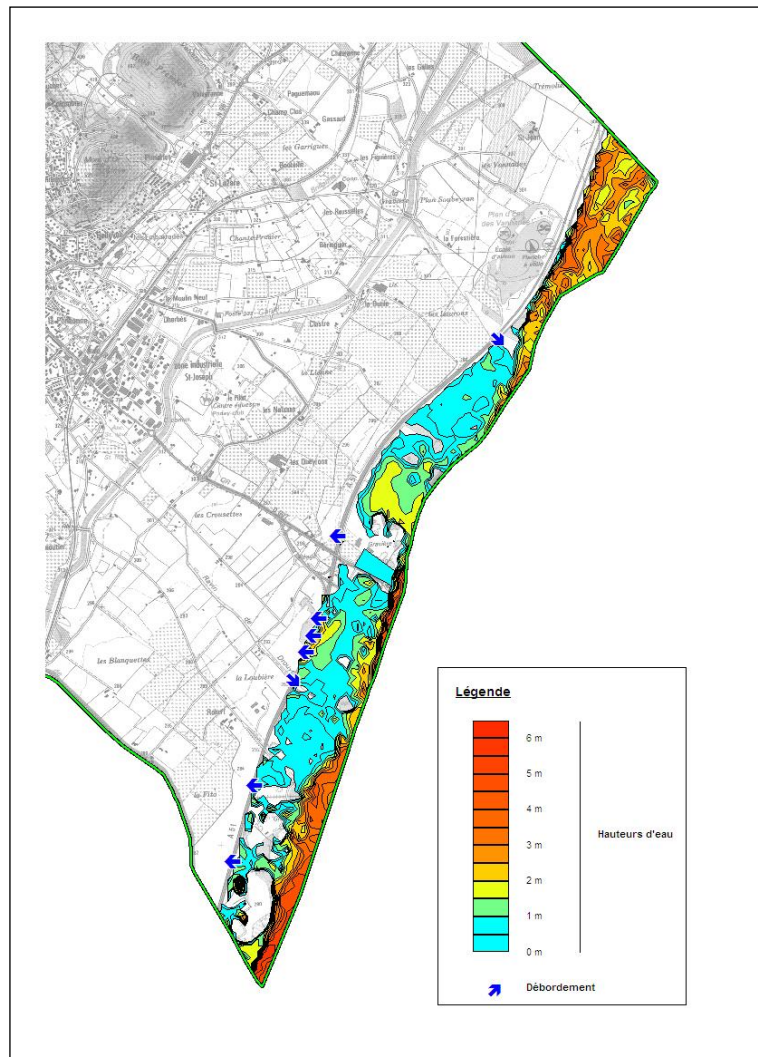


Figure 42 : Modélisation de crue – Débit de 5000 m³/s



Etude de l'atlas des zones inondables sur la Moyenne et la Basse Durance – GEOSPHAIR :

Cette étude, commandée par la DIREN, a été réalisée en Avril 2002.

Elle présente dans un premier temps les caractéristiques de la Durance et de son bassin versant.

Puis dans un second temps, elle s'intéresse aux crues en faisant un historique et en décrivant leurs conditions de génération et leur déroulement.

Dans un troisième temps, elle analyse les changements contemporains qui sont intervenus dans la vallée de la Durance, notamment sur les barrages et sur leurs impacts sur le cours d'eau.

Enfin, elle dresse une analyse hydrogéomorphologique [**Fig. 43**].

Cependant il est à noter que d'importantes réserves ont été émises sur cette étude en raison du grand nombre d'erreurs qu'il comporte : présentation des données sans analyse critique, critères de délimitation non judicieux (rendant de ce fait les limites incertaines), ... Il en résulte que ce document constitue une régression par rapport aux précédentes études.

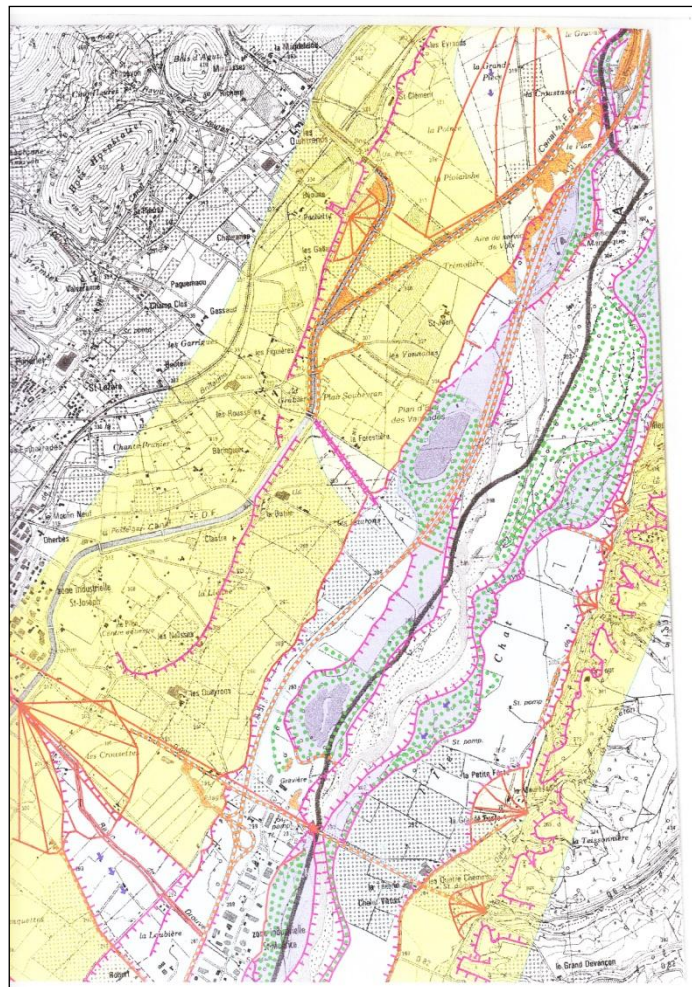


Figure 43 : Extrait de l'étude de l'atlas des zones inondables sur la Moyenne et la Basse Durance



Etude hydrogéomorphologique – CAREX – 02-107 :

Cette étude a été réalisée en Septembre 2002 par le sous-traitant du CETE.

Elle avait pour finalité la délimitation des possibilités d'extension de plusieurs communes [Fig. 44].

Il est intéressant de signaler que, d'après la DDT 04, la limite du lit majeur inondable correspond à peu près, à l'onde consécutive à la rupture du barrage de Serre-Ponçon ; le débit serait de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers de m³/s (alors que la crue décennale est estimée entre 8000 et 10000 m³/s).

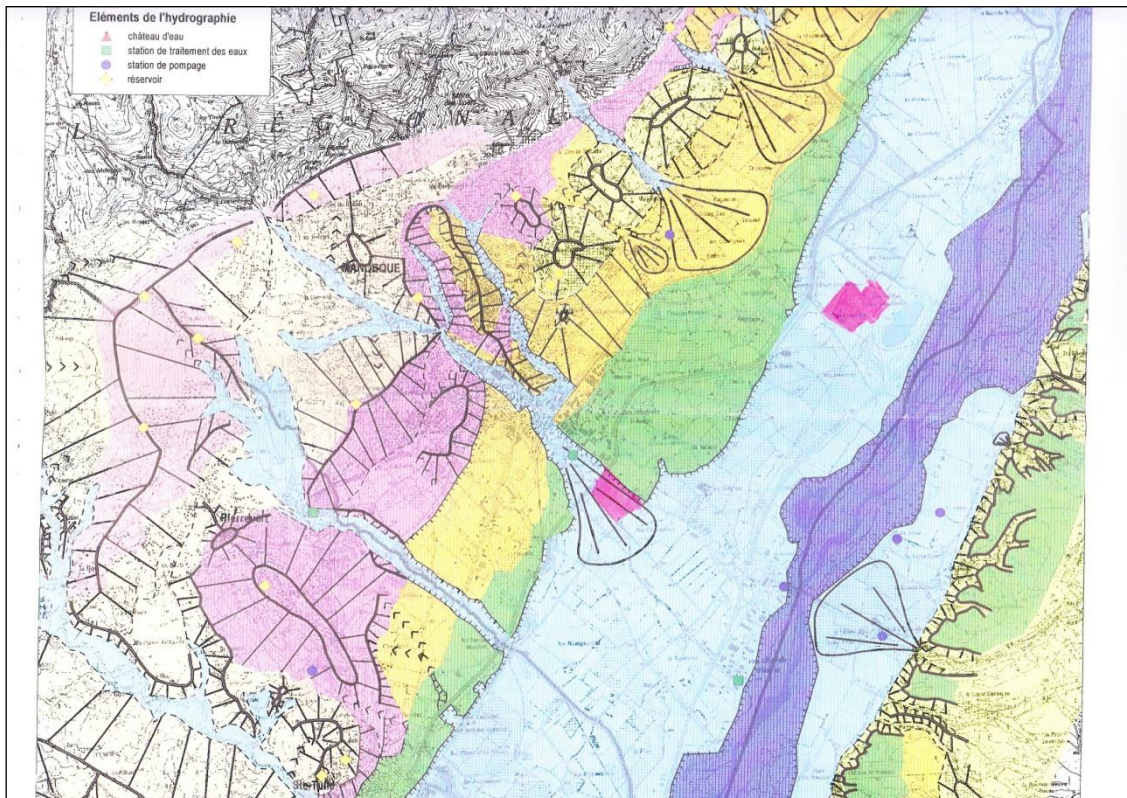


Figure 44 : Extrait de l'étude hydrogéomorphologique



Cartographie des zones inondables – Département des Alpes-de-Haute-Provence – SIEE (GINGER) :

Cette étude a été réalisée en 2007.

Elle décrit la physiographie de la Durance et recense les zones à enjeux sur les différentes communes le long de son tracé.

Une cartographie des zones inondables a été effectuée en utilisant une approche hydrogéomorphologique. Les crues passées ont permis de délimiter les limites du lit majeur [Fig. 45].

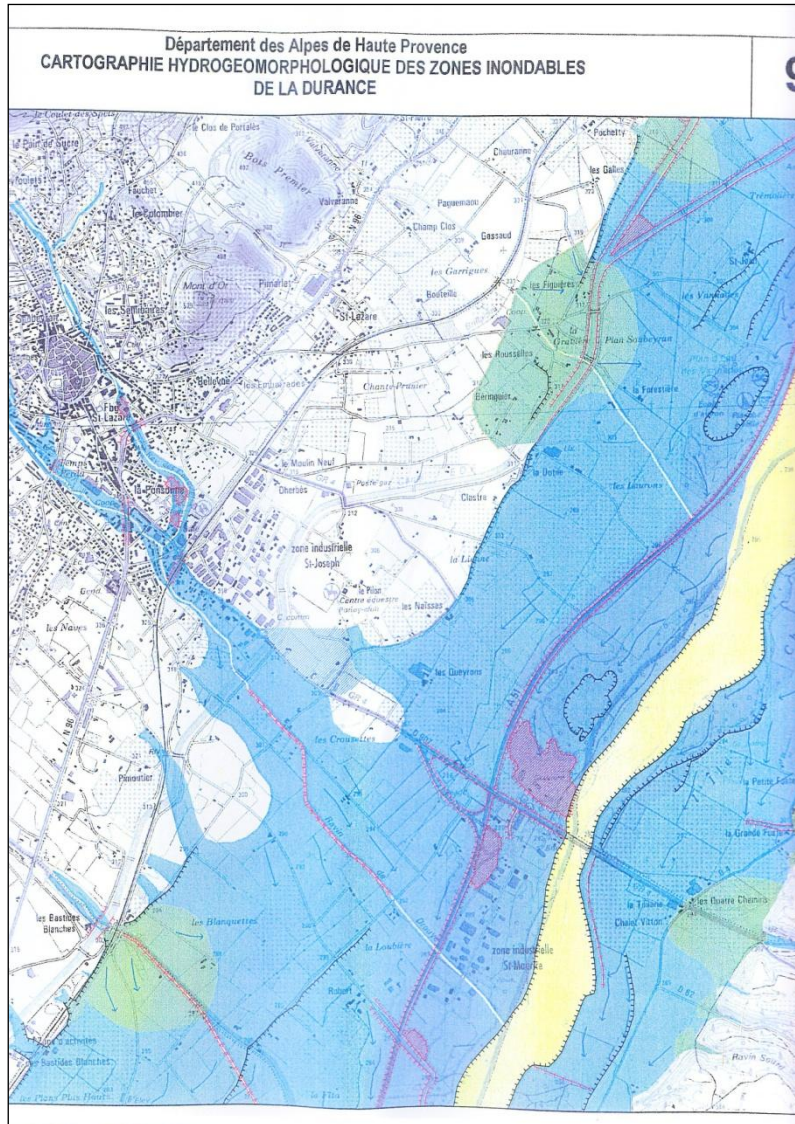


Figure 45 : Extrait de la cartographie des zones inondables - Département des Alpes-de-Haute-Provence



Restructuration des dispositifs de protection contre les crues – Commune de Manosque – SMAVD :

Cette étude a été réalisée en Mai 2010.

Elle vise à améliorer le système de protection de la zone industrielle Saint-Maurice, à Manosque. La cartographie a été réalisée par modélisation [Fig. 46].

Le modèle a principalement été construit à partir de levés topographiques de 2007 concernant le lit et les ouvrages, complétés de la photogrammétrie datant de 1997. L'étude globale de la Basse et Moyenne Durance ayant révélée des risques de débordements sur l'Autoroute, il a été décidé d'étendre le modèle à l'ouest de l'autoroute. Cependant, aucun levé topographique complémentaire n'a été réalisé, les données sont issues de la BDalti de l'IGN (données ayant une précision de plus ou moins 5 m en altitude) [Source : VAUCORET Myriam – SMAVD].

Les débits de pointe utilisés pour les modélisations sont retranscrits ci-dessous [Tab. 9]. La crue de 2008 a permis le calage du modèle (grâce aux laisses de crue).

Q2008 (crue de Mai 2008)	1410 m ³ /s
Q30 (crue trentennale)	2600 m ³ /s
Q50 (crue cinquantennale)	3300 m ³ /s
Q100 (crue centennale)	4000 m ³ /s
Qexceptionnel (crue exceptionnelle)	5200 m ³ /s

Tableau 9 : Débits de pointe retenus pour les modélisations [Source : EDF]

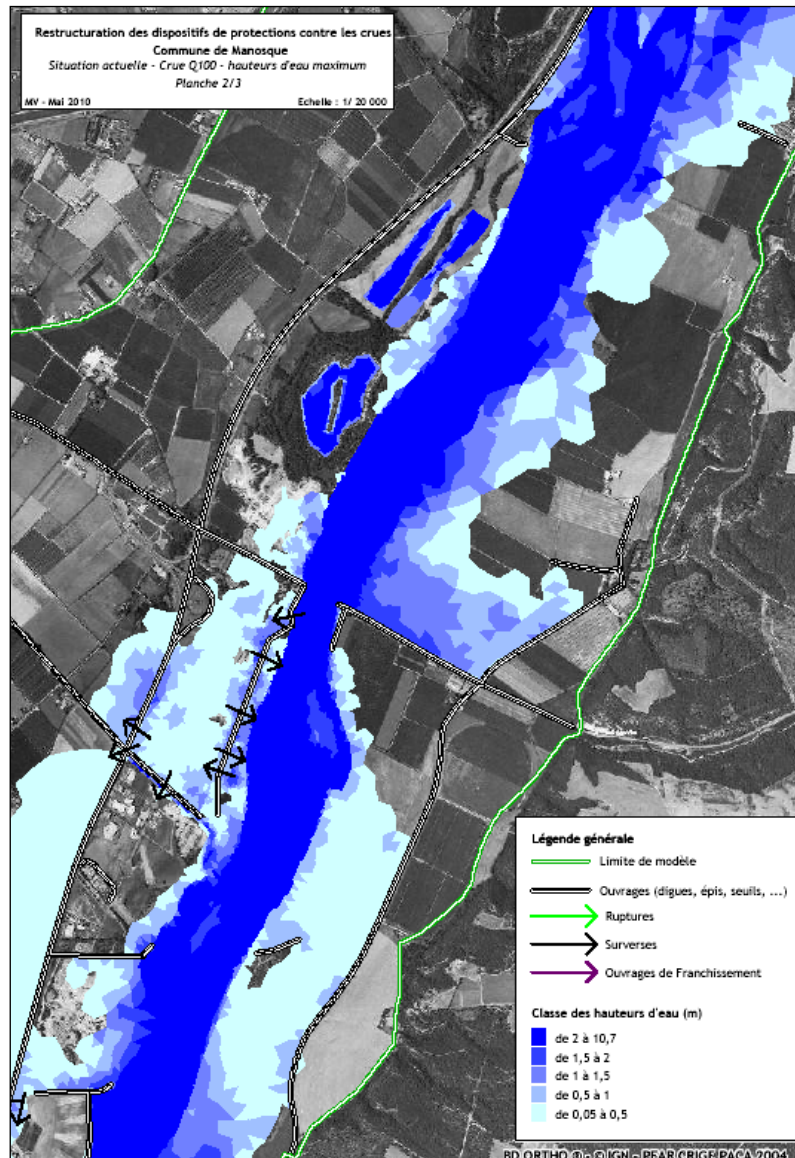


Figure 46 : Extrait de l'étude de Restructuration des dispositifs de protection contre les crues sur la commune de Manosque – Modélisation des hauteurs d'eau maximum lors d'une crue Q100

Cette étude a abouti à la réalisation d'un dossier d'Avant Projet proposant 2 scénarios d'aménagement visant à protéger la Zone Industrielle de Saint-Maurice **[Fig. 47]**.

- Scénario 1 : confortement sur place est prolongement de la digue actuelle ;
- Scénario 2 : éloignement de l'ouvrage sur la partie amont.

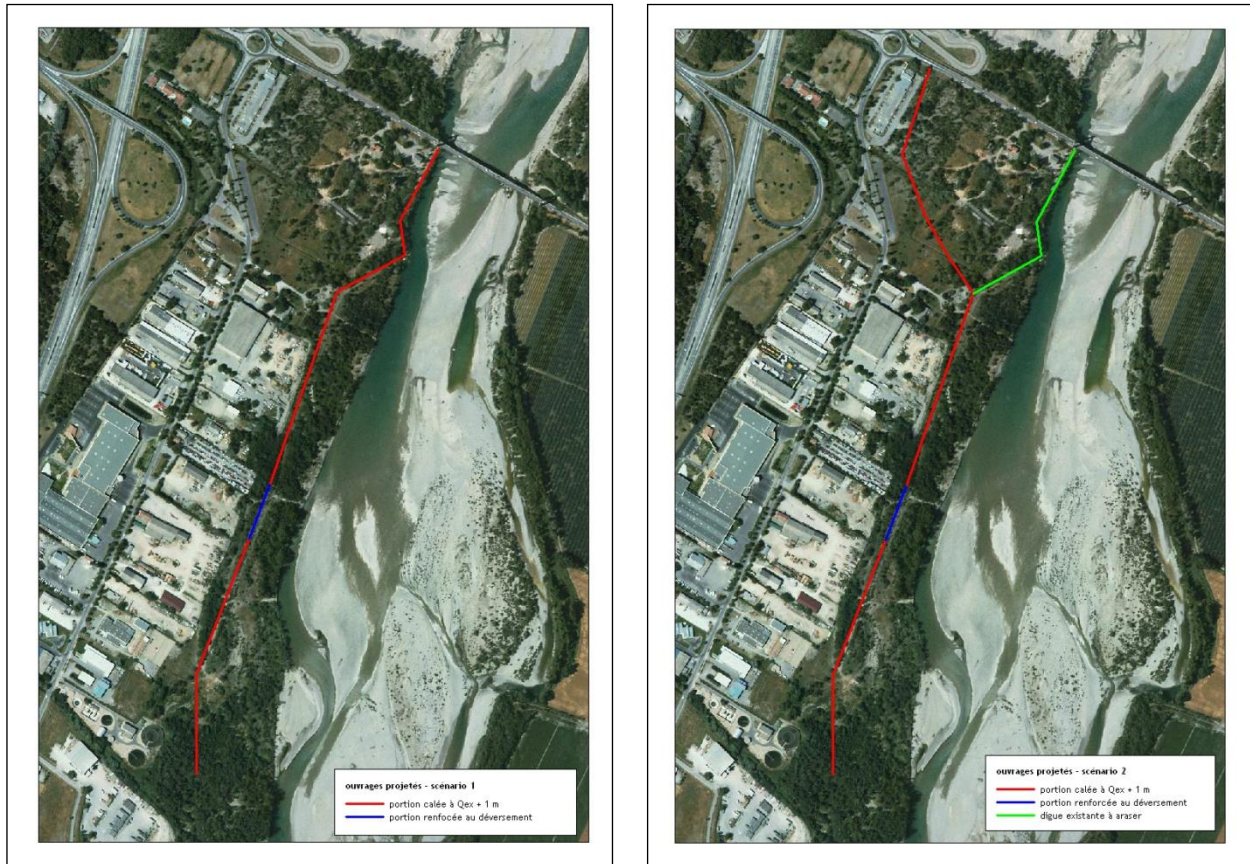


Figure 47 : Scénarios d'aménagement pour la protection de la ZI Saint-Maurice

Des modélisations avec Q50, Q100 et Qexceptionnel ont été réalisées afin de déterminer les avantages et inconvénients de chacun de ces scénarios. Pour une crue centennale, la protection de la ZI est assurée dans les 2 cas (en revanche le champ de captage d'eau potable en rive droite derrière le pont de Manosque serait inondé dans le cas du scénario 2).

Cependant, en cas de crue exceptionnelle, il existe un risque de rupture de la RD 907 avant la culée en rive droite du pont de Manosque. Dans le cas du scénario 1, l'eau se déverserait directement dans la ZI, tandis que dans le cas du scénario 2, elle inonderait le champ captant avant de rejoindre la Durance préservant ainsi la ZI.

En conclusion, le scénario 2 présente plus d'avantages, notamment en termes de coût.

A la demande d'IMS_{RN}, le SMAVD a réalisé une modélisation de la crue centennale en enlevant la digue actuelle de la ZI Saint-Maurice. Il s'est avéré que dans ce cas l'inondation serait moins dommageable sur la ZI. En effet, lors de la submersion de la ZI, la digue actuelle empêche le retour des eaux vers la Durance.



▪ **Comparaison des différentes cartographies réalisées**

La carte suivante [**Fig. 48**] présente les limites résultant des différentes études. Elles sont de trois types :

- limites d'inondation réelle (recueillies à partir d'enquête sur le terrain et dans les archives)
- limites issues de modélisation informatique
- limites issues de l'analyse hydrogéomorphologique

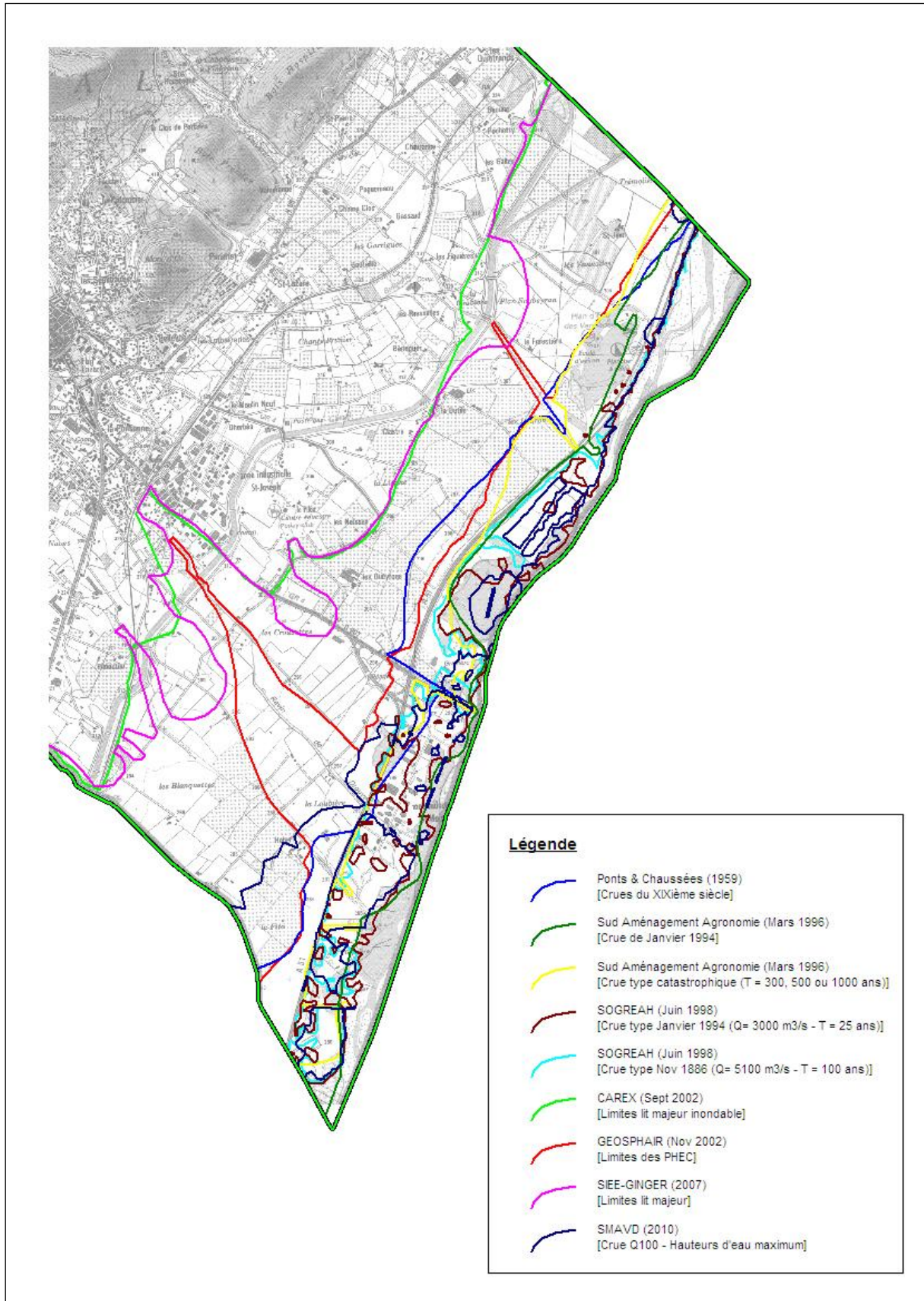


Figure 48 : Comparaison des limites d'inondabilité résultant des différentes études [Source : IMS_{RN}]



VI.1.2. Description du réseau hydrographique de la commune

VI.1.2.1. La Durance

« On se sert du mot de rivière quand on veut dire un cours d'eau qui ne se jette pas directement dans la mer mais quand on voit cette eau violente, musclée et bondissante qu'elle se jette où elle voudra : c'est un fleuve. »

Jean GIONO

Aux abords de Manosque, la Durance se compose d'un lit mineur présentant un ou plusieurs bras (dont la largeur varie de quelques dizaines de mètres à 500 m). On trouve ensuite un lit de crue ordinaire délimité par des bords francs puis le lit majeur (dont la largeur peut atteindre plus de 3 km). La Durance et ses abords n'ont cessé d'évoluer au fil du temps [Fig. 49 à 51].



Figure 49 : La Durance au niveau de l'actuelle zone industrielle Saint-Maurice (Années 1950) [Source : DDT 04]



Figure 50 : La Durance au niveau de l'actuelle zone industrielle Saint-Maurice (1977) [Source : Image Air]



Figure 51 : La Durance au niveau de la ZI Saint-Maurice (Janvier 2004) [Source : www.phonk.net]

On pourra retenir pour la Durance 2 débits de pointe : 3000 m³/s pour la crue de Janvier 1994 et 5000 m³/s pour celle de Novembre 1886 (donc avant les grands aménagements de la Durance).



Au cours de son histoire, la Durance a subi de nombreux aménagements qu'ils soient de nature protectrice ou non.

Selon Louis PELLOUX (La Durance et ses Affluents – 1899), l'endiguement de la Durance a commencé au 15^{ème} siècle. Il indique qu'une digue fut construite vers 1500 pour protéger le Moulin Neuf de Manosque. Il fait état d'un certain nombre de digues existant vers le milieu du 17^{ème} siècle, entre Volx et Sainte-Tulle. [Extrait de « L'histoire des endiguements de la Durance dans le département des Basses-Alpes – Jean-Marie GIBELIN – DDT 04]

Aujourd'hui, on trouve au bord de la Durance plusieurs épis le long de l'autoroute A51, en forme de crosse de hockey.

Il y a également plusieurs digues : la plus importante étant celle de la zone industrielle de Saint-Maurice. Elle s'ancre sur la culée du Pont de Manosque et est composé d'enrochements (recouverts de terre pour une meilleure intégration au paysage). On retrouve aussi une ancienne digue, en mauvais état, délimitant la partie ancienne de la zone industrielle.

D'autres digues sont également présentes comme celle de la décharge, en terre et dans un état délabré.

En termes d'infrastructure, on trouve le Pont de Manosque, l'autoroute A 51 et le canal EDF.

La construction du Pont suspendu de Manosque a débuté en 1841 pour se finir en 1843. Malheureusement, il a été emporté le 2 novembre 1843, quelques jours avant son inauguration, provoquant la mort de 5 personnes. Sa reconstruction a pris fin en 1847 et il a été restauré en 1891. Il a été remplacé par un nouveau pont, en 1939, il est toujours de type suspendu avec une portée de 205 m pour une largeur de 8 m (2 voies de circulation + 2 trottoirs).

Le canal EDF de la Durance commence au barrage de Serre-Ponçon et se termine dans l'étang de Berre après un parcours de plus de 250 km. Les centrales hydroélectriques, au nombre de quinze, installées le long du canal (dont l'une juste avant Manosque, sur la commune de Volx) fournissent une part importante de l'énergie renouvelable en région PACA. Au niveau de Manosque, il suit un tracé grossièrement parallèle à la Durance **[Fig. 52]**.



Figure 52 : Canal EDF de la Durance, au niveau de la ZI de Saint-Joseph [Source : IMS_{RN}]

Enfin on trouve au bord de la Durance : un lac de pêche (ancienne gravière) et deux gravières (la première en amont du Pont de Manosque, la seconde en amont de la décharge)

VI.1.2.2. *Torrent de Drouye*

Il prend naissance dans les reliefs au NW de Manosque. Il traverse la partie Ouest de la ville, sous la forme d'un ravin, par endroit endigué (par des enrochements) ou busé (traversée de grands carrefours) [**Fig. 53**].



Figure 53 : Torrent de Drouyes dans le secteur au Sud du stade [Source : IMS_{RN}]

Au niveau de la gare, il est rejoint par le ravin des Couquières qui traverse la partie centrale de Manosque où il est par endroit endigué ou busé. Juste en amont de cette zone des terrains de sport ont été aménagés dans l'axe du méandre du ravin des Couquières (secteur de la Ponsonne) [Fig. 54].



Figure 54 : Torrent des Couquières vers le centre historique (à gauche) et vers le stade (à droite) [Source : IMS_{RN}]

Il passe ensuite sous la voie ferrée puis dans l'ancienne station d'épuration (à noter que des travaux de remblaiement des berges étaient en cours de réalisation lors de notre visite de terrain). Deux enrochements sont présents en amont de cette zone.



Le torrent de Drouye enjambe ensuite le canal EDF [Fig. 55] et est canalisé (par des murs maçonnés) jusqu'à la Durance qu'il rejoint au niveau de la zone industrielle Saint-Maurice [Fig. 56]. Cette partie à une configuration de lit perché (topographie bombée).



Figure 55 : Traversée du canal EDF par le torrent de Drouyes [Source : IMS_{RN}]



Figure 56 : Torrent de Drouyes au niveau de la zone industrielle Saint-Maurice [Source : IMS_{RN}]



VI.1.2.3. **Torrent de Valveranne**

Il prend naissance dans le secteur de la mine de Gaude. Après avoir traversé les reliefs du Lubéron, puis des zones agricoles, il passe entre les collines de Bois Premier et Bois Hospitalier où il est assez encaissé [Fig. 57]. On note la présence d'une terrasse cultivée.

Juste avant son passage sous la RN 96, on note de nombreux débris végétaux (risque d'embâcle). Après le pont, le torrent est plus large (une dizaine de mètres) et moins encaissé. On trouve alors son cône de déjection. A partir de Gassaud, il se rétrécit pour passer sous la voir ferrée (largeur : 3 à 4 m).



Figure 57 : Torrent de Valveranne au niveau des colline de Bois Premier et Bois Hospitalier [Source : IMS_{RN}]

Il est ensuite canalisé pour passer sur le canal EDF et rejoindre la Durance juste avant la gravière en amont du Pont de Manosque.

VI.1.2.4. **Torrent des Cinq Heures**

Il prend naissance dans le secteur des Cinq Heures. Après avoir passé entre les collines de Bois Hospitalier et Bois d'Agut, il traverse son cône de déjection. Dans cette section son lit est assez encaissé et est encombré par la végétation.

Après le pont de la RN96, il est canalisé. Il passe sous la voie ferrée puis sous le canal EDF (au niveau de la fourche) avant de rejoindre le Plan d'eau des Vannades.

VI.1.2.5. **Torrent de la Tuilière**

Il prend naissance dans le secteur de la colline de la Tuilière (commune de Volx). Il est assez encaissé. Après avoir passé entre les collines de Bois d'Agut et la Tuilière, il traverse son cône de déjection. Il est canalisé avant de passer sous la RN 96 et le canal EDF.

VI.1.2.6. **Ruisseau de Ridau**

Il prend naissance au Nord de Pierrevert. Il traverse les champs de culture où il est un peu encaissé. Après son passage sous le canal EDF, il est canalisé jusqu'à son point de jonction avec la Durance, juste en aval de la décharge.



A noter la présence d'un petit cône de déjection juste après le canal EDF.

VI.1.3. Cartographie informative : historique des inondations et cartographie hydrogéomorphologique

La prise en compte des **événements historiques et l'analyse hydrogéomorphologique** des zones inondables (la compréhension du fonctionnement naturel des cours d'eau) sont les deux étapes préalables à l'établissement des aléas inondations préconisées par le guide des PPR inondation. **La cartographie informative** qui résulte de ces deux approches constitue la base objective de compréhension de la manifestation des inondations sur le territoire communal

VI.1.3.1. Crues historiques

a) Objectifs

La recherche des manifestations des crues historiques est une étape fondamentale de la méthode mise en oeuvre.

Elle permet, lorsqu'ils sont relatés, de prendre en considération les événements passés afin d'alimenter les analyses sur la fréquence et les manifestations particulières des crues, les dégâts observés, les niveaux atteints, ...

Le recoupement de ces informations avec les observations de terrain et l'interprétation géomorphologique permet de mieux qualifier les événements récents, d'en apprécier l'ampleur avec plus de justesse au regard des crues passées, et de mieux décrire les événements probables à venir.

La prise en compte des données historiques revêt un intérêt à la fois :

- **technique**, intrinsèque, sur la connaissance même des événements, leur localisation, leurs manifestations qu'il s'agira d'exploiter ultérieurement pour la qualification de l'aléa (niveaux atteints, ...)
- et **sociologique**, les événements relatés ayant marqués les mémoires ou attestant de la probabilité d'occurrence d'un événement. Il s'agit alors d'une information incontestable, propre à favoriser l'acceptation de l'événement (puis de l'aléa) par les riverains.

b) Sources utilisées

La connaissance des crues historiques constitue l'un des volets fondamentaux du diagnostic de l'aléa inondation. La fiabilité des données historiques étant très variable, l'exhaustivité de l'information a été recherchée. Dans le cadre de cette étude, diverses sources ont été utilisées.

- les chroniques et divers recueils, relatant des faits anciens ;
- des documents originaux décrivant les crues passées : rapports des Ponts et Chaussées, demandes de subventions des communes après inondations, ... ;
- les archives du service de Restauration des Terrains en Montagne (RTM) ;
- diverses études ;



- la presse locale pour des événements plus récents ;
- les témoignages de témoin des crues récentes (riverains, communes, ...).

Divers documents, telles que des anciennes cartes de relevé d'inondation (réalisés par les Ponts et Chaussées), nous ont été fournis par le Service du Développement et de l'Aménagement Durables – Pôle Prévention des Risques Naturels de la DDT des Alpes-de-Hautes-Provence.

c) Premières observations

- Une majeure partie des sources exploitées nous renseigne sur des événements historiques relatés à l'échelle du bassin versant, sans description précise des manifestations des crues à une échelle très locale (les niveaux atteints ont par exemple été peu relevés).

L'enquête de terrain et les nombreuses rencontres établies (la presse locale étant peu instructive) nous ont permis de confronter les diverses manifestations de la Durance et de ses affluents (en particulier le Torrent de Drouye) en crue à une échelle plus locale. Toutefois, la mémoire collective reste évasive et les informations obtenues sont le plus souvent qualitatives et partiellement subjectives.

- La consultation des archives met en évidence les points suivants :
 - les descriptions répertorient principalement les **dégâts du torrent ou de ses affluents** (digues rompues, hameaux touchés sur affluents, ...).

Par conséquent, certaines crues ont pu ne pas être mentionnées en raison de l'absence de dégâts significatifs.

- les archives relatent des faits qui ont préoccupés les riverains ou les autorités. Il existe ainsi des « **zones d'ombre** »; zones agricoles, secteurs intermédiaires, où aucun renseignement n'a été trouvé en raison, peut être, de l'absence d'enjeux forts.

L'absence de témoignages indique donc :

- soit l'absence de dégâts remarquables dans les secteurs à enjeux. Des débordements ont pu alors se produire dans des secteurs à faibles enjeux ou dans des secteurs où ils sont réputés, sans dégâts suffisants pour engendrer une description (au travers des demandes de subvention du conseil municipal, de rapports de l'ingénieur des Ponts et Chaussées) ;
- soit l'absence de crues remarquables.

En conséquence de quoi, il n'a pas été possible de recueillir des témoignages mentionnant les débordements et les dégâts des crues de la Durance et de ses affluents en tous points de la commune.

d) Fréquence et manifestation des crues

Ci-après est recensé l'ensemble des crues s'étant produites sur la commune de Manosque, cette liste n'est pas exhaustive [**Tab. 10**].

Des crues se sont également produites en décembre 1997, novembre 2000 et mai 2008.



N°	DATE	LOCALISATION		DOMMAGES	DIVERS	SOURCE
		Durance	Affluent			
1	17/09/1226	X		?		DDT / Sud Aménagement Agronomie
2	Automne 1345	X		?		DDT / Sud Aménagement Agronomie
4	08 au 12/09/1651	X		?		DDT / Sud Aménagement Agronomie
9	1829	X		Bac de Manosque emporté – Traversée de la Durance interrompue		DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
10	07/03/1830	X		?	Débit à Mirabeau : 3600 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie
11	07 au 08/03/1836	X		?	Cote à Mirabeau : 5,00 m	DDT / Sud Aménagement Agronomie
12	28/10/1840 au 04/11/1840	X		?	Cote à Mirabeau : 4,75 m Débit à Mirabeau : 3250 m³/s (3 crues)	DDT / Sud Aménagement Agronomie
13	25/10/1841	X		?	Débit Mirabeau : 3160 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie
14	24/09/1843	X		?	Violent orage	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
15	01 au 03/11/1843	X		5 morts – Pont de Manosque emporté – Circulation interrompue entre les 2 rives – 3 personnes bloquées sur des iscles pendant 2 jours	Crue subite Hauteur à l'échelle de Manosque : 4,75 m au-dessus de l'étiage Cote à Mirabeau : 6,20 m Débit à Mirabeau : 5350 m³/s (3 crues) Débit au Pont de Sisteron : 3000 m³/s Hauteur au Pont des Mées : 3,50 m Hauteur au Pont de Château-Arnoux : 5,30 m "brut"	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
16	02/07/1844 à 17h00	X		4 décès – Maisons renversées ou endommagées – Champs ravagés (cultures arrachées)		RTM
17	1848	X		?		RTM
18	20/04/1848	X		?	Cote à Mirabeau : 4,10 m Débit à Mirabeau : 2700 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie
19	18/05/1848	X		?	Cote à Mirabeau : 4,80 m Débit à Mirabeau : 3160 m³/s	DDT/Sud Aménagement Agronomie
20	07/09/1852	X		?	Hauteur au Pont de Manosque : 2,91 m	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
21	03/05/1856	X		?	Débit à Mirabeau : 2170 m³/s	DDT/Sud Aménagement Agronomie – RTM
22	31/05/1856	X		?	Cote à Mirabeau : 4,38 m	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
23	1859	X		?		DDT/Sud Aménagement Agronomie – RTM
24	02/09/1860	X		Digues endommagées		DDT/Sud Aménagement Agronomie – RTM
25	25 au 26/09/1860	X		Epis endommagés	Hauteur au Pont de Manosque : 3,35 m Débit à Mirabeau : 2770 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM



N°	DATE	LOCALISATION		DOMMAGES	DIVERS	SOURCE
		Durance	Affluent			
26	03/09/1862	X		Epis endommagés – Matériaux de travaux emportés sur un chantier dans le lit de la Durance – Barrage avarié	Forte pluie dans la nuit du 02 au 03/09/1862	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
27	07/01/1863	X		Epis endommagés : Plan Soubeyran, Eyrauds (brèche de 170 m) et Bastide Neuve (brèche de 332 m)	Forte pluie et vent du sud le 06/01/1863 précipitant la fonte des neiges en amont Au Pont de Manosque : niveau inférieur de 40 cm à la crue de 1860 Cote à Mirabeau : 5,00 m Débit à Mirabeau : 2900 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
28	09/03/1863	X		Brèche de 25m dans un barrage des épis des Eyrauds.		DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
29	12/10/1863	X		?	« aussi forte que celle du 25/09/1860 », à Peyruis	DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
30	Octobre 1864	X		Epis de la Bastide Neuve et de Plan Soubeyran endommagés		DDT / Sud Aménagement Agronomie – RTM
31	1868	X		?	Hauteur au Pont des Mées : 5,04 m au-dessus de l'étiage de 1875	DDT / Sud Aménagement Agronomie
32	22/11/1870	X		?	Débit à Mirabeau : 2660 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie
33	Octobre 1872	X		?	Suite à de fortes pluies entre le 04 et le 27/10/1872, particulièrement sur la fin de période	DDT / Sud aménagement agronomie – RTM
34	18/03/1873	X		?	Hauteur au Pont des Mées : 4,53 m au-dessus de l'étiage de 1875 Cote à Mirabeau : 4,70 m Débit à Mirabeau : 2770 m³/s	DDT / Sud Aménagement Agronomie
35	1878	X		?		DDT/Sud aménagement agronomie – RTM
36	1 ^{er} semestre 1879	X		?		DDT/Sud Aménagement Agronomie – Mairie Manosque – RTM
39	06/10/1882		X	Ravin de Valveranne – Chaussée de la RN 96 engravée et dégradée	Orage dès le début du mois	RTM
40	27 au 28/10/1882	X		Piles du pont de l'ex-RN207 (actuelle D907) endommagées	Forts orages en début de mois, pluie torrentielle du 26 au 28/10/1882 Hauteur à Manosque : 4,33 m. Cote à Mirabeau : 6,60 m Débit à Mirabeau : 5750 m³/s	RTM
41	4 ^{ème} trimestre 1886	X		?		RTM
42	27/10/1886 au 08/11/1886	X		?	Fortes pluies Hauteurs à l'échelle de Manosque lors des 2 pics de crue du mois de novembre : 4,00 et 4,40 m Cote à Mirabeau : 5,75 m Débit à Mirabeau : 4800 m³/s (3 crues)	RTM
43	Décembre 1886	X		?		RTM



N°	DATE	LOCALISATION		DOMMAGES	DIVERS	SOURCE
		Durance	Affluent			
44	22/10/1889	X		?	Débit à Mirabeau : 2500 m³/s	RTM
45	23/09/1890	X		?	Débit à Mirabeau : 2550 m³/s	RTM
46	Janvier 1895	X		?		RTM
47	12/05/1895	X		?	Orage et fonte des neiges	RTM
49	Février 1900	X		?		RTM
50	4 ^{ème} trimestre 1901	X		?		RTM
51	07 au 08/11/1906	X		?	Pluies persistantes début novembre Cote à Mirabeau : 5,10 m Débit à Mirabeau : 3700 m³/s	RTM
52	28/10/1907	X		?		RTM
53	09/11/1907	X		?	Débit à Mirabeau : 3000 m³/s	RTM
54	Mai 1908	X		?	Fonte des neiges	RTM
55	Mars 1909	X		?		RTM
56	Novembre 1910	X		?		RTM
57	09/12/1910	X		?	Débit à Mirabeau : 2250 m³/s	RTM
58	Mai 1912	X		?	Plusieurs crues	RTM
60	31/10/1914	X		?	Débit à Mirabeau : 2480 m³/s	RTM
61	1917	X		?		RTM
62	29/05/1917	X		?	Débit à Mirabeau : 3000 m³/s Débit estimé à 4000 m³/s à Volx	RTM
63	1918	X		?		RTM
64	05/11/1919	X		?	Débit à Mirabeau : 2500 m³/s	RTM
65	Novembre 1922	X		?		RTM
66	1926	X		?		RTM
67	Novembre 1927	X		?	Cause naturelle ... et dépôt de gravier rive adverse ?	RTM
68	22/10/1928	X		?		RTM



N°	DATE	LOCALISATION		DOMMAGES	DIVERS	SOURCE
		Durance	Affluent			
69	Novembre 1929	X		?	Cause naturelle ... et dépôt de gravier rive adverse ?	RTM
70	25/08/1935		X	Ravin de Drouye (La Loubière) – Brèche de 10 à 20 m dans la berge – Propriétés endommagées sur 50 ha (engravement, ravinement)	Orage violent	RTM
71	11/11/1935		X	Ravin de Drouye – 3 brèches dans les berges du Ravin de Drouye (sur 45m au total), terrains riverains inondés en aval de Manosque	Orages	RTM
72	Décembre 1935	X		?	Succession de crues	RTM
73	1 ^{ier} semestre 1936	X		?		RTM
75	2 ^{ième} semestre 1948	X		?	Orages violents et répétés	RTM
76	14/03/1951	X		?	Temps doux, fortes pluies et fonte des neiges du mois de Mars : débâcle Pluies particulièrement fortes les 13 et 14/03/1951	RTM
77	29/05/1951	X		?		RTM
78	11/11/1951	X		Digues et épis endommagés en rive droite en amont du pont, en rive gauche en aval	Plusieurs crues Fortes pluies en octobre et novembre Débit à Mirabeau : 3600 m ³ /s	RTM
79	14/06/1957	X		?		RTM
80	4 ^{ième} trimestre 1959	X		2 digues emportées en aval de la limite des communes de Volx et Manosque		RTM
81	06/10/1960	X		Digue rompue et des centaines d'Ha de terres agricoles inondées dans le quartier St-Jean	Pluies torrentielles	RTM
82	Octobre 1960		X	Torrent de Drouye – 3 brèches sur les digues de la plaine		RTM
83	4 ^{ième} trimestre 1960		X	Ruisseau de Ridau – 2 digues rompues – Terres agricoles endommagées		RTM
84	04/09/1962 de 17h00 à 20h00		X	L'Aussetlet – Ravin de l'Aussetlet, Ravin de la Chote, Ravin de Bélavi – Terrains de culture et vergers endommagés – Inondation de terrains de culture – Activité agricole perturbée	Suite à un orage Eaux boueuses, crue conjuguée des affluents	RTM
85	Mai 1963	X		?		RTM
87	29/08/1968		X	Torrent de Drouye – Dégâts sur l'ensemble immobilier des Tritons : caves, garages (jusqu'à 1,10 m) et RDC inondés, voitures endommagées, fissures des murs et dalles, tassement de fondations	Eaux boueuses, affouillement, débordement Pluviométrie à la station de Manosque : 67,5 mm	RTM



N°	DATE	LOCALISATION		DOMMAGES	DIVERS	SOURCE
		Durance	Affluent			
89	12/10/1976	X		?	Débit : 1000 m³/s environ	RTM
90	04/05/1977	X		?	Fortes pluies Débit de la Durance : 1000m³/s à l'Escale	RTM
91	09/12/1977	X		?		RTM
92	26/02/1978	X		11 Ha de terres inondés en amont du pont sur le CD 907 (Manosque-Valensole).	Fonte rapide des neiges tombées en abondance durant l'hiver 1977-1978 Débit estimé à 1800 m³/s à Manosque Précipitations : 53 mm en 24 heures sur le bassin du Buëch Débit du Buëch : 600 m³/s à Sisteron Débit du Jabron : plus de 100 m³/s	RTM
94	12/09/1982		X	Torrent de Drouye – Dégâts sur l'ensemble immobilier du Lubéron : RDC inondés sur 0,50 m	Précipitations peu remarquables mais débordements amplifiés par des embâcles	RTM
95	18/06/1986		X	Torrent de Drouye – Dégâts sur l'ensemble immobilier des Tritons : caves, garages et RDC inondés, matériel entreposé détruit (0,45 m de hauteur de boue)	Eaux boueuses, débordements Pluviométrie : 45,5 mm	RTM
96	26/08/1986		X	Confluence Couquières - Canal EDF – ZI St-Joseph et terres agricoles inondées	Violent orage : 69,4 mm en 2 heures	RTM
97	24/08/1987		X	Confluence Couquières - Canal EDF – ZI St-Joseph et terres agricoles inondées	Orage	RTM
101	06 au 07/01/1994	X		Plages du Lac des Vannades endommagées – Digue de protection de la décharge de la Fito endommagé – Divers talus déstabilisés en bordure de voie publique – ZI St-Maurice inondée – Pont des 4 chemins fermé	Fortes pluies	RTM

Tableau 10 : Récapitulatif des évènements historiques d'inondation et de crue torrentielle connus sur la commune de Manosque (en grisé : évènements localisés – encadré rouge : crue majeure) [Source : IMS_{RN}]



e) Observations générales

- Les diverses informations récoltées ne comportent pas de descriptions précises de zone inondée. Les faits relatés concernent essentiellement les dégâts aux habitations, aux ouvrages d'art, aux routes et aux digues. Les indications sur les débordements éventuels ne précisent que la source ou le secteur touché par le débordement.
- D'après les archives **quatre grandes crues majeures** ressortent:
 - du 1 au 3 novembre 1843
 - du 27 au 28 octobre 1882
 - du 27 octobre 1886 au 8 novembre 1886
 - du 6 au 7 janvier 1994
- L'analyse globale des données répertoriées nous amène vers un premier découpage sectoriel. On distingue ainsi deux grands secteurs plus ou moins homogènes :
 - la plaine de la Durance sous le canal EDF
 - la zone de transition entre les torrents et la plaine de la Durance, dont particulière la zone de jonction entre le Torrent de Drouye et la plaine de la Durance

Les crues sur la commune de Manosque affectent principalement :

- les installations en bordure de la Durance (zone industrielle de St-Maurice, décharge, ...)
- les ouvrages en bordure de la Durance (A51, digues, épis, ...)
- les terres agricoles.

Cette typologie donne juste une vision générale de la manière dont les manifestations des crues de la Durance et de ses affluents au niveau de Manosque se répartissent.

f) Répartition et localisation des événements

[Voir Cartes des événements historiques en annexe]

Le tableau situé plus haut reprend les manifestations de la Durance et de ses affluents répertoriées depuis le XVIII^{ième} siècle. Il est à la base de la cartographie des crues historiques. Il nous permet en outre d'analyser la fréquence des crues et de mieux connaître leur fonctionnement et leur intensité par secteur où elles se sont manifestées.

D'une part, on constate que

- peu d'éléments précis apparaissent dans les archives sur les événements de crues avant le XIX^{ième} siècle ;
- les grandes crues qui ont touchées l'ensemble du bassin de la Durance se situent au cours XIX^{ième} siècle (1829 à 1880) et se manifestent généralement en fin d'année ;



- au début du XX^{ième} siècle, on note une augmentation de la fréquence des crues ;
- depuis les années 50, la fréquence des crues semble diminuer en ce qui concerne la Durance mais on remarque de nombreuses crues sur les torrents de Drouye et des Couquières.

▪ **Cas particulier de la crue de janvier 1994**

La crue de janvier 1994 est la conséquence de fortes précipitations, d'origine méditerranéenne, qui se sont abattues principalement sur le Vaucluse et l'Ouest des Alpes-de-Haute-Provence.

Les renseignements récoltés concernant cette crue mettent en évidence les éléments suivants :

- débordements importants en bordure de la Durance ;
- inondation partielle de l'aire d'autoroute de Manosque et faible de celle de Volx (à cause du passage piéton souterrain sous l'A 51) et écoulements entre les 2 voies autoroutières et dans le secteur des Vannades **[Fig. 58]** ;
- zone industrielle de St-Maurice inondée ;
- nombreux épis et digues endommagés.

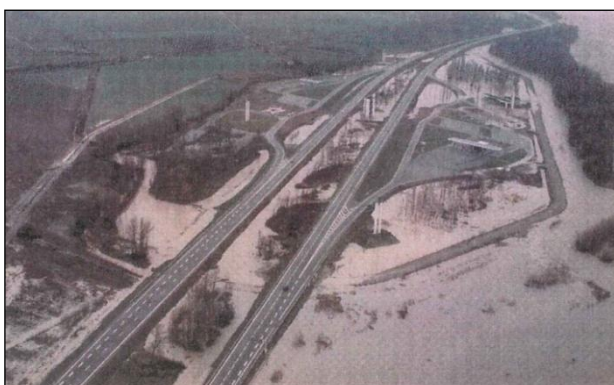
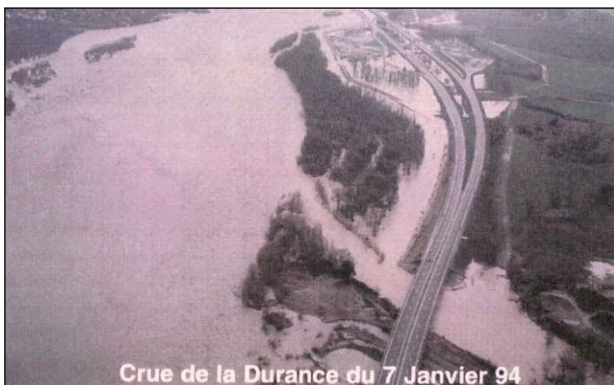


Figure 58 : Inondation au niveau des aires de Manosque et de Volx [Source : PPR Volx]

Le débit moyen de la Durance sur ce tronçon a été estimé autour de 2700 m³/s, soit de l'ordre d'une crue ayant une période de retour de 25 ans.



Un arrêté de catastrophe naturelle a été pris pour cette crue : période du 05/01/1994 au 08/01/1994, arrêté du 26/01/94, figurant sur le Bulletin Officiel du 10/02/1994.

g) Expérience acquise de l'analyse historique

A la suite de l'exploitation des archives, il ressort les éléments suivants :

- Le torrent de Drouye est source de problème en termes d'inondation et engendre des dégâts sur les terrains environnants.
- Les dégâts observés concernent essentiellement des ouvrages (rupture de pont, digues dégradées), des zones industrielles inondées et des terres agricoles dégradées par les submersions.

A la lumière de l'analyse des crues historiques, quelques questions se posent :

- Est-il possible qu'une crue de grande ampleur survienne ? Comment se manifesterait-elle en l'état actuel de l'occupation des terres riveraines ?
- Les digues sont-elles un rempart inébranlable en leur état actuel de dégradation et d'abandon ? La nécessité de leur entretien s'impose ?

VI.1.3.2. Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

L'approche hydrogéomorphologique des zones inondables permet d'identifier les conditions d'environnement qui expliquent les manifestations des inondations aujourd'hui.

Elle permet de comprendre le fonctionnement actuel des cours d'eau et de leurs lits d'inondations, principalement façonnés au fur et à mesure des crues successives, à la lumière des facteurs expliquant leur évolution dans le temps.

Principalement basée sur des visites de terrain, les témoignages historiques, la prise en compte du relief et des formes fluviales, ... elle considère l'ensemble des facteurs.

Ainsi, à l'instar des mouvements de terrain, **cette approche, croisée avec l'étude des événements historiques, permet de justifier de manière objective les caractéristiques des aléas pris en compte** et constitue souvent la meilleure démonstration de la pertinence et de la crédibilité du zonage et des contraintes réglementaires du PPR.

La méthode hydrogéomorphologique mise en œuvre par le bureau IMS-RN est une analyse géomorphologique adaptée aux formes alluviales et à la morphodynamique des cours d'eaux. Cette approche naturaliste développée depuis une quinzaine d'années entre différents partenaires (C.E.T.E Méditerranée, laboratoires universitaires, bureaux d'études), est aujourd'hui validée et préconisée dans les études visant à qualifier l'aléa inondation, dans le guide PPR en particulier.

L'analyse géomorphologique a pour but de déterminer les zones inondables des cours d'eau. Elle se traduit par une cartographie fine de la morphologie de la plaine alluviale, permettant de positionner spatialement les structures morphologiques (talus et micro-talus) et les unités spatiales délimitées par ces structures (lits mineur, espace de mobilité du lit mineur (lit moyen) et majeur) correspondant chacune à un niveau de débit, donc de fréquence, donné (crues fréquentes, rares et exceptionnelles) [**Fig. 59**].

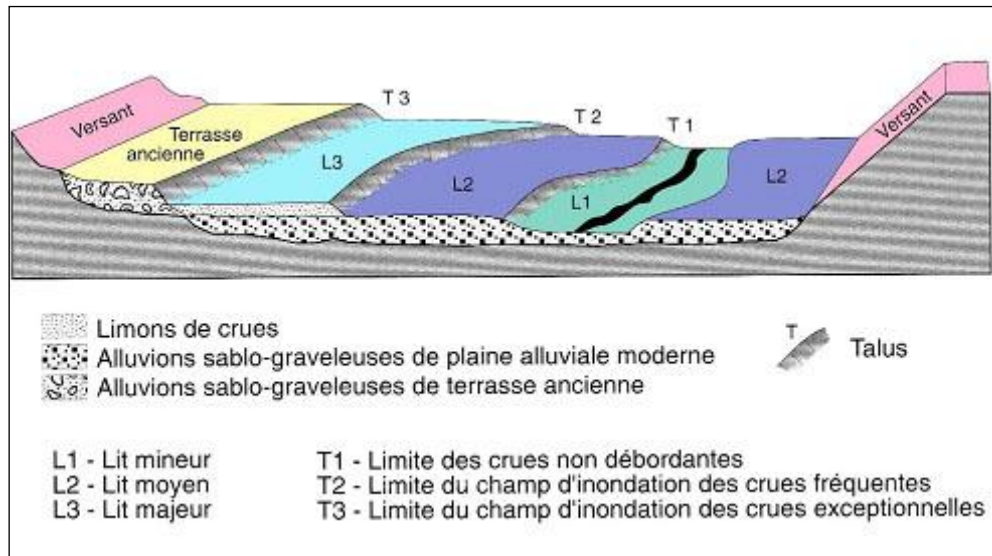


Figure 59 : Structures morphologiques d'un cours d'eau [Source : IMS_{RN}]

Cette cartographie est réalisée en deux temps :

- par **photo-interprétation stéréoscopique** (restituant le relief) des photographies aériennes provenant de missions récentes et anciennes, prises en règle générale hors période de crue ;
- par un **diagnostic de terrain** basé sur l'utilisation d'indices complémentaires, relevant de la sédimentologie (granulométrie des sédiments), de l'occupation des sols (végétation – structure du parcellaire et du réseau de drainage – urbanisation ancienne, type de végétation) et de la dynamique fluviale (traces anciennes et récentes d'érosion et de sédimentation).

L'intérêt de cette cartographie est de proposer une vision globale et homogène des champs d'inondation d'un cours d'eau au niveau local où à l'échelle d'une vallée, en pointant en premier lieu les zones les plus vulnérables constituées par le bâti et les équipements existants.

Dans les zones urbaines où les structures morphologiques sont plus difficiles à apprécier, la photo-interprétation est complétée par une analyse diachronique (comparaison avec des missions plus anciennes) et le diagnostic de terrain est plus poussé pour prendre en compte les phénomènes de ruissellement et évaluer l'influence de l'ensemble des ouvrages et aménagements pouvant perturber les écoulements.

L'information fournie au niveau de la seule cartographie hydrogéomorphologique essentiellement qualitative, devient semi-quantitative par intégration des données des crues historiques (niveaux atteints). Cette approche intermédiaire permet de faire le lien entre l'hydrogéomorphologie et la modélisation hydraulique lorsqu'elle existe, laquelle fournit des données quantitatives relatives aux débits, fréquences, vitesse et hauteur d'eau des crues de références.

Loin d'être antinomiques, les approches hydrologiques, hydrauliques et hydrogéomorphologiques, sont complémentaires.



VI.2. Qualification et cartographie de l'aléa Inondation / Crues torrentielles

VI.2.1. Principes de qualification de l'aléa

L'objectif du travail réalisé est de parvenir, à terme, à l'établissement du zonage et du règlement destinés à statuer sur le droit à la construction sur la commune de Manosque.

Les principes de base pris en compte pour la définition des aléas sont conformes à ceux définis par le guide méthodologique pour l'établissement des Plans de Prévention des Risques d'Inondation, à savoir en particulier la qualification :

- **d'aléa faible** = intensité faible et occurrence faible à moyenne
- **d'aléa moyen** = intensité moyenne et occurrence faible à moyenne
- **d'aléa fort** = intensité forte (ou occurrence forte)

Ces aléas ont été déterminés sur la base des données acquises à ce jour et des diagnostics réalisés, à savoir :

- l'analyse hydrogéomorphologique et analyse du fonctionnement « naturel » des lits d'inondation (cours de la Durance, de ses affluents et confluences principales) ;
- étude historique : manifestations, niveaux atteints, ... ;
- effets des aménagements (remblais notamment, ...) ;
- les études antérieures (dont notamment la modélisation hydraulique de la Durance, réalisée en mai 2010 par le SMAVD).

C'est le croisement de ces différentes approches permet de définir les aléas inondation tels que présentés sur la cartographie des aléas.

Leur définition intègre en outre **l'ensemble des observations ayant pu être effectuées sur le terrain** : singularités de la vallée et autres cas particuliers ayant trait aux installations humaines (vulnérabilités, possibilités d'évacuation, ...) et **la propre expérience de l'intervenant**.

Ci-après sont présentés successivement les éléments et les réflexions qui ont permis de qualifier puis d'établir la cartographie des aléas sur la commune de Manosque.

VI.2.1.1. Fonctionnement « naturel » des cours d'eau (niveau 1)

Un premier niveau d'aléa a été défini **sur la base du fonctionnement naturel des cours d'eau tel que décrit par le diagnostic hydrogéomorphologique** et renseigné par l'analyse des crues historiques.

Ces principes en sont les suivants:

- **les aléas s'inscrivent sur la totalité de l'emprise de la zone inondable déterminée par l'approche hydrogéomorphologique**. Ils concernent par conséquent toutes les formes de crues, des plus fréquentes aux crues exceptionnelles ;



- le lit mineur, ainsi que les zones qualifiées "d'écoulement dynamique" recoupées par des axes et chenaux de crue identifiés par l'analyse hydrogéomorphologique au sein du lit moyen, seront affectés d'un **aléa fort** ;
- le lit moyen, ainsi que les zones qualifiées "d'écoulement dynamique" recoupées par des axes et chenaux de crue identifiés par l'analyse hydrogéomorphologique au sein du lit majeur, seront affectés d'un **aléa moyen** ;
- le reste du lit majeur, en dehors de ces zones, est généralement affecté d'un **aléa moyen** qui intègre le fait que l'on est dans un secteur de montagne avec des cours d'eau torrentiels généralement pentus à forte hydraulicité.
- localement, en **périphérie de la plaine alluviale, les bordures externes du lit majeur** les plus éloignées des points de débordement, **ainsi que certaines zones de raccordement** avec le pied de versant qualifiées de lit majeur exceptionnel, sont affectées d'un **aléa faible**. On considère ici le principe d'étalement des écoulements débordant, de la réduction des vitesses et des hauteurs d'eau qui en découle.

Le tableau ci-dessous synthétise la qualification du premier niveau d'aléa basé sur l'interprétation en termes d'aléa de la cartographie hydrogéomorphologique [Tab. 11].

■ ALEA ISSUS DE L'HYDROGÉOMORPHOLOGIE

Nature géomorphologique (d'après carte hydrogéomorphologique)	Lit mineur / lit moyen / Lit majeur (zone d'écoulement dynamique, chenaux de crue, anciens bras)	Lit majeur (hors zone d'écoulement dynamique – lit majeur étroit, inondations fréquentes, ancien lit moyen endigué)	Lit majeur exceptionnel (rarement ou jamais inondé historiquement, secteur éloigné protégé)
Hauteur d'eau	Hauteurs importantes (>1 mètres)	Hauteurs importantes	Hauteurs faibles
Vitesses d'écoulement	Vitesses élevées	Vitesses moyennes à faibles	Vitesses faibles
ALEA	FORT	MOYEN	FAIBLE

Tableau 11 : Echelle de gradation des aléas Inondation et Crues torrentielles [Source : IMS_{RN}]

Ce premier niveau ne prend pas en compte la présence des remblais d'infrastructure et autres remblais ou digues, ni l'ensemble des autres facteurs pouvant aggraver (ou amoindrir) un aléa.

Les enquêtes réalisées auprès de la commune et aux archives, ainsi que les informations récoltées sur site, **ont permis de définir** localement :

- les secteurs où les écoulements seront rapides et dangereux (analyse de terrain, témoignages, éloignement par rapport à la zone d'écoulement dynamique, présence d'un obstacle à l'écoulement, ...)



- les secteurs d'étalement des débordements des petits talwegs.

Ainsi, dans un second temps, **la prise en compte de ces informations vient conforter (et dans certains cas spécifiques aggraver) le premier niveau d'aléa défini.**

VI.2.1.2. Incidence des aménagements anthropiques

Il s'agit pour la plupart de confortements de berges, digues, remblais linéaires ou surfaciques dont la hauteur est supérieure à un mètre (en deçà des simples levées de terre ou chemins submersibles) **L'appréciation est qualitative et concerne uniquement l'incidence des ouvrages sur les écoulements de crue.** Elle ne préfigure pas de leur état (solidité, présence de points de faiblesse, résistance et nature des matériaux, ...).

a) Les protections et remblais longitudinaux

Ce type d'ouvrage peut influencer les écoulements en limitant l'extension latérale des crues lors de certains événements. Toutefois pour les crues exceptionnelles, en fonction de l'intensité du courant et l'activité morphodynamique des cours d'eau, ils peuvent être largement dégradés, voire détruits (coupure de la RN 202 longeant le Var en 1994, destruction du remblai de la voie ferrée de Sallèle d'Aude en 1999, rupture des digues du Rhône à Aramon en 2002).

Sur la commune de Manosque, on note principalement la présence de digues le long de la Durance. Elles ont été intégrées à la modélisation de Mai 2008 du SMAVD ce qui a permis de déterminer leurs effets lors des simulations de crues [**Voir « Intégration de la modélisation à la cartographie des aléas » ci-après**].

Des remblais longitudinaux encadrent les torrents de Drouye et de Valveranne dans la plaine de la Durance (à partir du canal EDF). Ces infrastructures tendent à canaliser le flux.

b) Les remblais transversaux

Il s'agit ici d'ouvrages linéaires correspondant à des infrastructures de communication (réseau routier, voies ferrée) recoupant la plaine alluviale. La transparence hydraulique est généralement assurée par un pont et elle peut être complétée par des ouvrages de décharge si la plaine alluviale est assez large ou que le lit du cours d'eau est séparé en plusieurs bras.

La définition de la zone d'influence éventuelle de l'ouvrage est délicate à définir qualitativement sans calcul, toutefois ce que l'on sait du fonctionnement de ces aménagements pour les plus fortes crues lorsque les ouvrages hydrauliques sont "en charge" ils constituent un obstacle aux écoulements, ce qui peut favoriser une augmentation de la ligne d'eau à l'amont (effet de barrage) et des débordements latéraux avant submersion de l'ensemble : c'est notamment le cas au niveau du passage du torrent de Drouye sous l'autoroute.

Localement, au cas par cas, lors du diagnostic de terrain, en fonction de l'expertise du chargé d'étude (qui analyse notamment, la topographie des aménagements, la structure et la capacité des ouvrages hydrauliques, les risques d'embâcles et intègre les informations historiques ponctuelles), **l'aléa peut être accentué en amont des remblais** par augmentation des hauteurs d'eau (faible à moyen, moyen à fort), pour prendre en compte les phénomènes précédemment décrits.

c) Cas du canal EDF

Le canal EDF a été considéré comme une infrastructure jouant un rôle majeur dans la dynamique des écoulements de crue. Il constitue un obstacle pour certains petits organismes pour lesquels



les exutoires sont limités : il rend difficile ici les conditions d'évacuation des eaux, voire il augmente localement les hauteurs d'eau, notamment à l'Est de la commune (secteur de Grabière).

Au niveau du torrent de Drouye, son effet de barrage est nettement plus limité, du fait du bassin versant important du cours d'eau, de la très faible hauteur de remblai du canal à cet endroit ainsi que par le gabarit généreux de l'aqueduc de Drouye au-dessus du canal.

VI.2.1.3. Prise en compte des zones remblayées

Les zones étudiées correspondent aux surfaces remblayées en zone inondable supportant des habitations ou des infrastructures (parkings). Ce sont des surfaces variables dans la continuité des zones urbaines, ou ponctuellement plus éloignées (zones d'activité).

- **en zone d'aléa fort, la présence d'un remblai ne modifie pas l'intensité de l'aléa ;**
- **en zone d'aléa moyen** (lit majeur hors zone d'écoulement dynamique), deux cas sont à considérer :
 - **si la distance de la zone remblayée à l'encaissant** (versant, terrasse ancienne...) **est supérieure à la distance la séparant du lit mineur ou de la zone d'écoulement dynamique, l'aléa sur la zone remblayée est maintenu (moyen) ;**
 - **si la distance de la zone remblayée à l'encaissant** (versant, terrasse ancienne...) **est inférieure à la distance la séparant du lit mineur ou de la zone d'écoulement dynamique, l'aléa sur le remblai remblais sera amoindri** (passant de moyen à **faible**). Il est en effet envisagé dans ce cas la possibilité de continuité de la zone remblayée vers les zones hors d'eau (versant, ...), offrant une réelle possibilité d'évacuation des installations.
- **en zone d'aléa faible** (lit majeur étendu), **l'aléa de la zone remblayée reste faible.**

VI.2.2. Cas particuliers

Certains facteurs aggravant sont localement été pris en compte dès lors qu'il est possible d'anticiper leur manifestation. C'est le cas en particulier de l'insuffisance des ouvrages de franchissement des cours d'eau considérée comme facteur pouvant localement aggraver l'aléa (surverse, embâcle).

Ces points sont localisés et ne résultent que de témoignages et éventuellement, pour les cas les plus flagrants, de la propre analyse du chargé d'étude. Ces cas ont été appréciés au cas par cas.

Le tableau ci-après synthétise les modifications apportées à la qualification du premier niveau d'aléa [**Tab. 12**].



■ ELEMENTS DE MOFIFICATION DE L'ALEA DE NIVEAU 1

<p>LITS HYDROGEOMORPHOLOGIQUES (NIVEAU 1)</p>	<p>ALEA FAIBLE Lit majeur (étendu, rarement ou jamais inondé historiquement, secteur éloigné protégé) Zone de ruissellement diffus sur les anciens cônes de déjection transformés par l'urbanisation</p>	<p>ALEA MOYEN Lit majeur (hors zone d'écoulement dynamique – lit majeur étroit, inondations fréquentes, ancien lit moyen endigué)</p>	<p>ALEA FORT Lit mineur / lit moyen / Lit majeur (zone d'écoulement dynamique, chenaux de crue)</p>
<p>DIGUES ET REMBLAIS D'INFRASTRUCTURES LINEAIRES LONGITUDINAUX (voie ferrée, route)</p>	<p>ALEA FAIBLE</p>	<p>Si distance versant/remblai > distance remblai/zone d'écoulement dynamique ALEA MOYEN</p>	<p>ALEA FORT</p>
		<p>Si distance versant/remblais < distance remblai/zone d'écoulement dynamique ALEA FAIBLE</p>	
<p>REMBLAIS D'INFRASTRUCTURES LINEAIRES TRANSVERSAUX (route, canal EDF)</p>	<p>ALEA FAIBLE</p>	<p>ALEA MOYEN</p>	<p>ALEA FORT</p>
<p>ZONES REMBLAYEES</p>	<p>ALEA FAIBLE</p>	<p>Si distance versant/zone remblayée > distance zone remblayée /zone d'écoulement dynamique ALEA MOYEN</p>	<p>ALEA FORT</p>
		<p>Si distance versant/zone remblayée < distance zone remblayée/zone d'écoulement dynamique ALEA FAIBLE</p>	

Tableau 12 : Echelle de gradation des aléas Inondation et Crues torrentielles [Source : IMS_{RN}]



VI.2.3. Cartographie de la crue torrentielle sur le torrent de Drouye en aval du canal EDF

Afin de préciser l'aléa Crues torrentielles sur le cône de déjection du torrent de Drouye, en aval du canal EDF, une modélisation hydraulique a été réalisée par CEREG Ingénierie. Le débit en entrée de la zone est limité, à 22 m³/s, par la capacité du pont-bâche qui passe par-dessus le canal [Fig. 60].

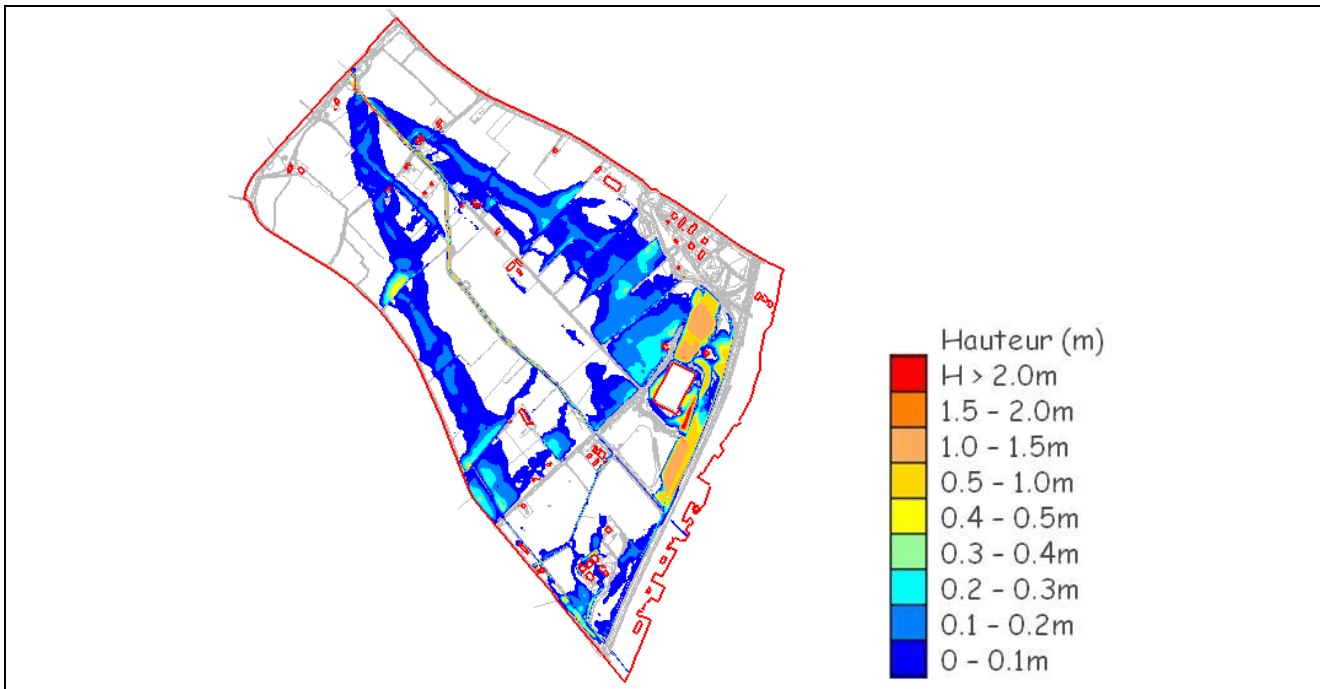


Figure 60 : Diagramme de classification de l'aléa Inondation [Source : IMS_{RN}]

Il apparaît qu'en raison de la configuration en lit perché du torrent de Drouye, les débordements en sortie du pont-bâche (du fait des berges plus basses et du tracé « non-hydraulique ») divergent sur le cône et ne retournent pas dans le lit mineur. En aval, « une zone de stockage se forme entre le chemin des Seignières et les remblais de l'A51 sur les terrains de la zone d'activité des Grandes Terres ».

Le débit capable de la plus petite section de Drouye à l'aval du canal EDF étant de 1,3 m³/s, une solution a été trouvée pour limiter le débit du cours d'eau : la vanne martelière en amont du pont-bâche a été abaissée et verrouillée afin d'avoir une lame d'eau maximale de 30 cm [Fig. 61]. Lors d'une crue, le trop-plein est évacué dans le canal EDF par l'intermédiaire d'un déversoir avec un seuil [Fig. 62].

Ainsi il n'y a plus aucun risque de débordement du torrent de Drouye en aval du canal EDF en cas de crue.



Figure 61 : Vanne martelière en position basse (à gauche) et système de verrouillage sur la crémaillère (à droite) [Source : Mairie de Manosque]



Figure 62 : Déversoir au niveau du canal EDF (à gauche) et seuil en bordure du torrent de Drouye en amont de la vanne martelière (à droite) [Source : IMS_{RN}]



VI.3. Intégration de la modélisation à la cartographie de l'aléa Inondation / Crues torrentielles

Du fait de l'existence d'une modélisation hydraulique récente (réalisée par le SMAVD, en Mai 2008) sur le territoire communal de Manosque et dont le but de l'étude était la protection de certains secteurs bordant la Durance ; il a été décidé de l'intégrer à la cartographie du PPR.

C'est la modélisation de la crue centennale (crue devant servir de référence dans le cadre de l'élaboration d'un PPR) qui a été retenue.

Les données obtenues comportant à la fois des calculs de hauteurs d'eau et de vitesse d'écoulement, elles ont été intégrées en suivant un diagramme hauteur / vitesse (classification issue du guide méthodologique PPR Inondations) [Fig. 63].

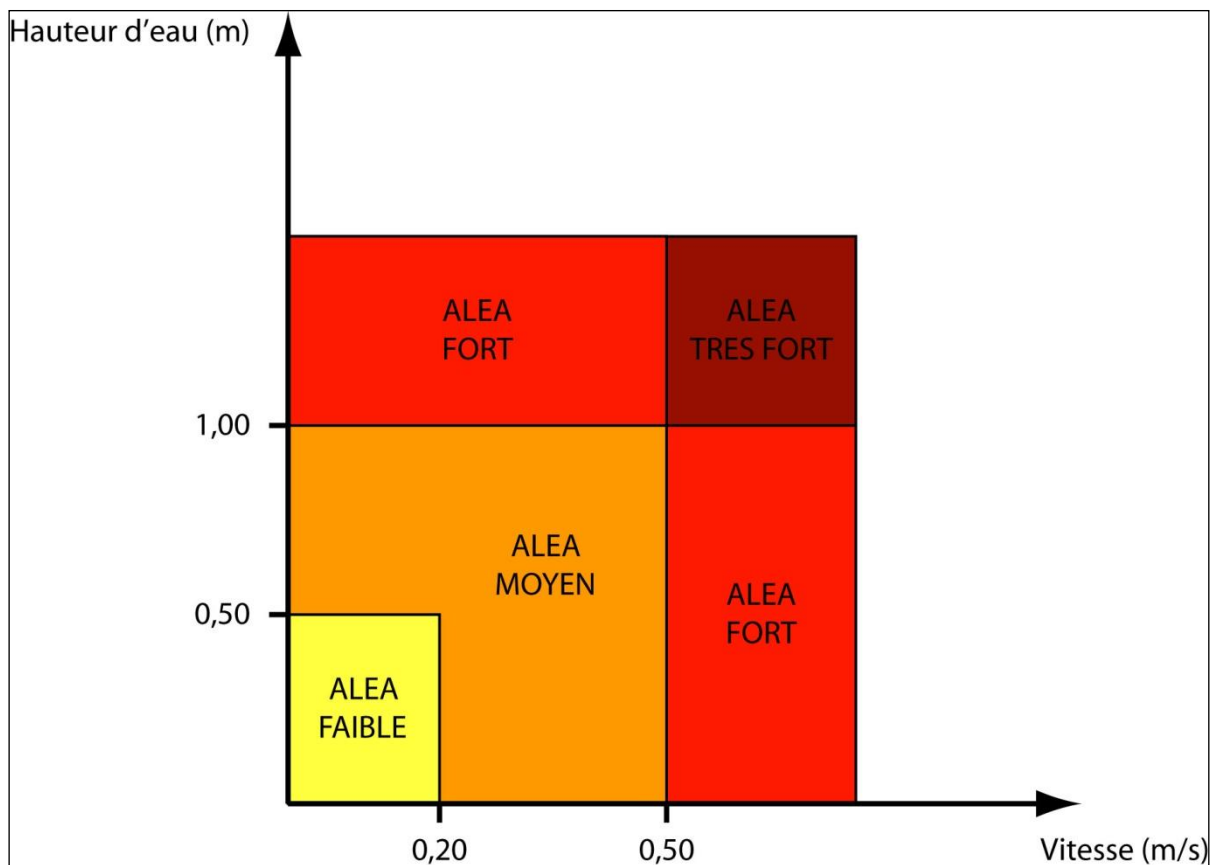


Figure 63 : Diagramme de classification de l'aléa Inondation [Source : IMS_{RN}]

L'ensemble des données de modélisation de la crue centennale de la Durance a été converti en aléa Inondation (I). L'aléa très fort a été associé à l'aléa fort.



VI.3.1. Synthèse sur la qualification de l'aléa Inondation / Crues torrentielles sur la commune de Manosque

Les principes ci-dessus ont été mis en œuvre pour qualifier l'aléa Inondation / Crues torrentielles sur la commune de Manosque. Le tableau ci-dessous synthétise les aléas retenus, ainsi que les critères les qualifiant [Tab. 13].

Aléa	Représentation	Critères
FORT	I3	<ul style="list-style-type: none"> - Modélisation SMAVD (Q100) : Hauteur d'eau > 1,00 m - Modélisation SMAVD (Q100) : Vitesse d'écoulement > 0,50 m/s
	T3	<ul style="list-style-type: none"> - Lit mineur des cours d'eau affluents de la Durance - Tous thalwegs sur l'ensemble du territoire communal
MOYEN	I2	<ul style="list-style-type: none"> - Modélisation SMAVD (Q100) : 0,50 < Hauteur d'eau < 1,00 m et 0,20 < Vitesse d'écoulement < 0,50 m/s
	T2	<ul style="list-style-type: none"> - Lit moyen des torrents (limité généralement par la ripisylve) - Axes d'écoulement sur les cônes de déjection
FAIBLE	I1	<ul style="list-style-type: none"> - Modélisation SMAVD (Q100) : Hauteur d'eau < 0,50 m et Vitesse d'écoulement < 0,20 m/s
	T1	<ul style="list-style-type: none"> - Zone de ruissellement diffus sur les cônes de déjection
NUL		<ul style="list-style-type: none"> - Zone non concernée par des inondations liées aux cours d'eau²

Tableau 13 : Echelle de gradation de l'aléa Inondation / Crues torrentielles [Source : IMS_{RN}]

² cette indication n'exclut pas que certains secteurs (urbains notamment) peuvent être affectés par des inondations liées au ruissellement urbain, dont les causes sont à rechercher par une organisation insuffisante des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales (et non des cours d'eau et ruisseaux). Il s'agit alors d'une problématique strictement pluviale, non concernée par le PPR.



VI.4. Remarques sur la précision de la cartographie de l'aléa Inondation / Crues torrentielles

Il est à noter que la précision des reports et des tracés est celle de l'analyse stéréoscopique et celle du support de restitution, soit le 1/25 000 de l'IGN (échelle préconisés dans la méthodologie des PPR inondation).

Des zooms sont réalisés à l'échelle du cadastre sur les secteurs urbains, où la quantité d'information ne permet plus une bonne lisibilité sur fond IGN.

Toutefois, ce premier report a été fait sans modification des tracés d'origine réalisés au 1/25 000. Quelques imprécisions peuvent alors localement exister (tracé approximatif, à une ou deux dizaines de mètres près).

C'est lors de la transposition de la cartographie sur fond cadastral nécessaire à la réalisation du plan de zonage, base du règlement, que seront précisément, à l'échelle de la parcelle, tracées ces limites.



VII. RESULTATS : DELIMITATION ET CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

La définition des aléas a conduit à l'élaboration d'une carte indiquant les limites et les niveaux d'aléas (fond de plan utilisé : fond IGN agrandi au 1/10 000^e)

On en résume ci-après les principaux éléments.

Si l'on excepte le retrait-gonflement des argiles, seulement 37 % du territoire communal est exposé à un aléa moyen à fort Mouvements de terrain et Inondation / Crues torrentielles.

VII.1. Aléa Affaissements / Effondrements

L'aléa Affaissements / Effondrements est faiblement présent sur le territoire communal. On le retrouve uniquement dans le tiers NW, sur les secteurs d'ancienne exploitation minière et dans les lithologies pouvant contenir des cavités naturelles.

VII.2. Aléa Eboulements / Chutes de blocs et de pierres

L'aléa Eboulements / Chutes de blocs et de pierres est faiblement présent sur le territoire communal. On le retrouve essentiellement dans le tiers NW, dans les massifs calcaires et gréseux.

Au niveau de la colline de Pimayon, l'intensité du phénomène est plus forte en raison de la présence d'affleurements nets.

VII.3. Aléa Glissements de terrain

L'aléa Glissements de terrain est faiblement présent sur le territoire communal. On le retrouve essentiellement dans la moitié NW.

L'intensité du phénomène est plus importante dans les parties molassiques et marneuses, ainsi que sur les berges des torrents. Certains secteurs montrent une activité forte, c'est le cas vers Sainte-Roustagne, les Peyroulets et les Girardes.

VII.4. Aléa Ravinement

L'aléa Ravinement est très faiblement présent sur le territoire communal. On le retrouve essentiellement dans la moitié NW.

La seule zone d'intensité forte se trouve au dans la colline de Pimayon, en amont du ravin des Cinq Heures.

VII.5. Aléa Retrait-gonflement des argiles

L'aléa Retrait-gonflement est présent sur l'ensemble du territoire communal.

Son intensité varie de moyenne à forte dans la moitié NW, en raison des lithologies favorables à ce phénomène.



VII.6. Aléa Inondation / Crues torrentielles

L'aléa Inondation concerne uniquement la plaine de la Durance. L'intensité du phénomène varie de fort à moyen dans le lit mineur. Au niveau de la ZI Saint-Maurice, on observe principalement de l'aléa moyen à faible mais certaines zones présentent un aléa fort du fait des hauteurs d'eau et/ou des vitesses élevées. En arrière de l'autoroute, l'aléa existe également du fait de débordements au niveau du Torrent de Drouye (les 3 niveaux d'aléa sont présents).

L'aléa résiduel (inondation exceptionnelle) se retrouve sur l'ensemble du lit majeur de la Durance (grossièrement jusqu'au canal). Les zones, en bordures de Durance, non touchées par les aléas fort, moyen, faible sont également concernées.

L'aléa Crues torrentielles se retrouve au niveau des torrents pouvant avoir une forte activité hydrodynamique (transport solide, charriage et risques de laves torrentielles). On le trouve également sur les cônes de déjection de ces cours d'eau (avec une intensité moyenne à faible). L'aléa moyen du torrent de Drouye va en s'élargissant du fait de la mise en charge de l'ouvrage de franchissement sous l'A 51 (entraînant un effet de barrage).



VIII. PRINCIPAUX ENJEUX ET VULNERABILITE

Dans la continuité des autres documents graphiques du PPR (carte informative, cartes d'aléas) la cartographie des enjeux a été réalisée à l'échelle du 1/10 000 sur l'ensemble du territoire communal.

Conformément aux principes des guides méthodologiques nationaux elle présente successivement :

- Une synthèse de l'occupation du sol ;
- La vulnérabilité.

VIII.1. Synthèse de l'occupation du sol

Celle-ci a été élaborée à partir des documents d'urbanisme actuels et fait apparaître :

- les grandes unités naturelles (à dominante forestière ou agricole) ;
- les zones urbanisées actuelles et futures à l'échelle de la commune (au sein desquelles, on a distingué les zones d'habitat ancien aggloméré des zones d'habitat plus diffus) ;
- les zones d'activités à vocation industrielle ou commerciale, qui représentent des enjeux forts en termes économiques.

Ont également été repérés sur la carte, des enjeux ponctuels et linéaires qui représentent à la fois les principaux lieux d'activité et de vie sur la commune mais aussi les grands axes de communication (autoroutes, routes, voies ferrées).

Les enjeux ponctuels comprennent :

- les principaux établissements accueillant du public assurant des fonctions administratives (mairie, palais de justice, ...) ;
- les établissements de santé (hôpitaux, cliniques, ...) ;
- les établissements scolaires et de loisirs (écoles, terrain de sport, ...) ;
- les services de secours (caserne de pompiers, hôtel de police, gendarmerie, ...) ;
- les équipements publics collectifs sensibles (station d'épuration, sites EDF, sites GDF, ...) ;
- etc.

VIII.2. Vulnérabilité

La notion de vulnérabilité recouvre l'ensemble des dommages prévisibles aux personnes et aux biens en fonction de l'occupation des sols et des phénomènes naturels. Cette carte croise les deux thématiques en superposant les zonages des aléas inondation et mouvements de terrain au recensement des enjeux communaux, permettant ainsi de dégager leur vulnérabilité vis-à-vis des phénomènes étudiés.



En première analyse, on constate que la majorité des établissements publics regroupés dans l'agglomération de Manosque ne sont pas concernés par les aléas étudiés (mis à part par le Retrait-gonflement des argiles).

En ce qui concerne les mouvements de terrain, c'est essentiellement l'aléa Glissements de terrain qui touche des zones urbanisées. C'est le cas des secteurs de Sainte-Roustagne, le Pain de Sucre, Peyroulets, Font de Guérin, Saint-Alban, l'Infirmierie, Saint-Martin et l'Est de Manosque Village. Cependant l'activité n'est forte que dans des zones bien définies et seules quelques constructions sont impliquées.

Pour l'aléa Inondations / Crues torrentiels, le secteur le plus vulnérable est sans nul doute la zone d'activité de Saint-Maurice située entre la Durance et l'autoroute A 51. A l'Ouest de cette dernière, on trouve 2 zones concernées par des surverses (notamment au niveau du Torrent de la Drouye) où les vitesses et les hauteurs d'eau peuvent être élevées.

Pour les torrents affluents seuls les constructions en bordure immédiate sont vulnérables et certaines situées sur les axes d'écoulements (où les vitesses peuvent être relativement élevées) en cas de débordements.



IX. ZONAGE DU PPR

Il s'agit à ce stade de qualifier la potentialité du risque sur le territoire de la commune de Manosque en fonction des enjeux et de l'aléa.

C'est le croisement entre les aléas (Mouvements de terrain et Inondation / Crues torrentielles) et les enjeux qui détermine les risques pour les personnes et les biens. La superposition de la carte d'aléas et de la carte des enjeux permet d'identifier sans les qualifier les principaux risques en présence. Ceci permet de justifier la cartographie réglementaire en définissant des sous zones faisant l'objet de règlements particuliers ou de reconsidération générales, pouvant amener à modifier le zonage.

Le zonage réglementaire, établi sur fond cadastral au 1/5 000 et 1/2 500 dans les secteurs urbanisés de la commune, définit des zones constructibles, inconstructibles et constructibles mais soumises à prescriptions. Les mesures réglementaires applicables dans ces dernières zones sont détaillées dans le règlement du PPR.

IX.1. Traduction des aléas en zonage réglementaire

Il n'existe pas de règle générale applicable en la matière, il faut traiter au cas par cas en concertation avec les collectivités et les services instructeurs.

C'est pour cette raison que nous avons défini dans ce cas précis et en concertation avec le service instructeur (DDT 04, Service Urbanisme) et la mairie, une règle de croisement entre les aléas et les enjeux socio-économiques de la commune. Deux grilles de zonage ont été définies : une première pour les zones urbanisées ou d'urbanisation future et une deuxième pour les zones naturelles. Dans cette classification nous avons appliqué [Tab. 14 et 15] :

1. **En zone naturelle** : le principe de précaution, pour éviter le développement urbain dans les zones à aléas. Ainsi toutes les zones situées en aléa moyen à fort ont été traduites en zones rouges.
2. **En zone urbaine ou à urbanisation future**, nous avons été plus souples afin de tenir compte de l'habitat existant et des projets d'extension future de la commune. Ainsi, seulement les zones d'aléas moyens Éboulements / Chutes de blocs ont été traduites en zones rouges.



NIVEAU D'ALEA	CONTRAINTE CORRESPONDANTE							
	Types d'aléas	<i>Mouvements de terrain</i>				<i>Inondation / Crues torrentielles</i>		
		Affaissements / Effondrements (F)	Eboulements / Chutes de blocs ou de pierres (P)	Glissements de terrain (G)	Ravinement (E)	Retrait-gonflement des argiles (R)	Inondation (I)	Crues torrentielles (T)
Aléa fort (3)		Zone inconstructible	Zone inconstructible	Zone inconstructible	Zone inconstructible	Zone constructible sous conditions	Zone inconstructible	Zone inconstructible
Aléa moyen (2)		Zone inconstructible	Zone inconstructible	Zone inconstructible	Zone inconstructible	Zone constructible sous conditions	Zone inconstructible	Zone inconstructible
Aléa faible (1)		Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions
Aléa nul à inexistant en l'état actuel des connaissances		Zone sans contrainte spécifique	Zone sans contrainte spécifique	Zone sans contrainte spécifique	Zone sans contrainte spécifique	Zone sans contrainte spécifique	Zone sans contrainte spécifique	Zone sans contrainte spécifique

Tableau 14 : Principe du zonage en zone naturelle – Croisement entre les enjeux et les aléas [Source : IMS_{RN}]



NIVEAU D'ALEA	CONTRAINTE CORRESPONDANTE							
	Types d'aléas	<i>Mouvements de terrain</i>				<i>Inondation / Crues torrentielles</i>		
		Affaissements / Effondrements (F)	Eboulements / Chutes de blocs ou de pierres (P)	Glissements de terrain (G)	Ravinement (E)	Retrait-gonflement des argiles (R)	Inondation (I)	Crues torrentielles (T)
Aléa fort (3)		Zone inconstructible	Zone inconstructible	Zone inconstructible	Zone inconstructible	Zone constructible sous conditions	Zone inconstructible³	Zone inconstructible
Aléa moyen (2)		Zone constructible sous conditions	Zone inconstructible	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions
Aléa faible (1)		Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions	Zone constructible sous conditions
Aléa nul à inexistant en l'état actuel des connaissances		Zone sans contrainte spécifique	Zone sans contrainte spécifique	Zone sans contrainte spécifique	Zone sans contrainte spécifique	Zone sans contrainte spécifique	Zone sans contrainte spécifique	Zone sans contrainte spécifique

Tableau 15 : Principe du zonage en zone urbanisée ou d'urbanisation future – Croisement entre les enjeux et les aléas [Source : IMS_{RN}]

³ Sous réserve de la réalisation du projet d'aménagement « Scénario 2 » défini dans l'étude Restructuration des dispositifs de protection contre les crues – Commune de Manosque – SMAVD – Mai 2010, ces zones sont classées en zone bleue constructible sous conditions fortes.



Le zonage réglementaire définit :

- Une **zone inconstructible**⁴, appelée zone "rouge" (**R**) qui regroupe les zones d'aléa fort et certaines zones d'aléa moyen. Dans ces zones, certains aménagements tels que les ouvrages de protection ou les infrastructures publiques qui n'aggravent pas l'aléa, peuvent être autorisés [**Voir règlement**].
- Une **zone constructible¹ sous conditions** de conception, de réalisation, d'utilisation et d'entretien de façon à ne pas aggraver l'aléa, appelé zone "bleue" (**B**) qui correspond dans la majorité des cas aux zones d'aléas faibles. Les conditions énoncées dans le règlement PPR sont applicables à l'échelle de la parcelle.
- Une zone sans contrainte spécifique, appelée zone "blanche", qui correspond à des zones d'aléas négligeables à nuls à l'état de connaissance actuel. Dans ces zones, les projets doivent être réalisés dans le respect des règles de l'art des autres réglementations éventuelles.

N.B.: Les enveloppes limites des zones réglementaires s'appuient sur les limites des zones des aléas (ajustées à l'échelle parcellaire par endroits), aux incertitudes liées au report d'échelle près, et au fait que la continuité des phénomènes impose des approximations et des choix.

⁴ Remarque : les termes "constructibles" et "inconstructibles" sont réducteurs au regard du contenu de l'article 40.1 de la loi n°87-565 du 22 juillet 1987. Il paraît néanmoins judicieux de porter l'accent sur l'aspect essentiel de l'urbanisation : la construction. Il n'empêche que les autres types d'occupation du sol soient prises en compte. Ainsi, dans une zone rouge (inconstructible) certains aménagements, exploitation... pourront être autorisés. Inversement, dans une zone bleue (constructible sous condition) certains aménagements, exploitations ... pourront être interdits.



IX.2. Nature des mesures réglementaires

IX.2.1. Bases légales

La nature des mesures réglementaires applicables est, rappelons-le, définie par loi N°2004-811 du 13 août 2004 relatif aux Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles.

IX.2.2. Mesures individuelles

Ces mesures sont, pour l'essentiel, des dispositions constructives applicables aux constructions futures dont la mise en œuvre relève de la seule responsabilité des maîtres d'ouvrages. Des études complémentaires préalables leur sont donc proposées ou imposées afin d'adapter au mieux les dispositifs préconisés au site et au projet. Certaines de ces mesures peuvent être applicables aux bâtiments ou ouvrages existants (renforcement, drainage par exemple).

IX.2.3. Mesures d'ensemble

Lorsque des ouvrages importants sont indispensables ou lorsque les mesures individuelles sont inadéquates ou trop onéreuses, des dispositifs de protection collectifs peuvent être préconisés. De nature très variée (correction torrentielle, drainage, auscultation de glissement de terrain, ouvrage de pare blocs, ...), leur entretien peuvent être à la charge de la commune, ou de groupement de propriétaires, d'usagers ou d'exploitants.



X. BIBLIOGRAPHIE

- Carte BRGM – N° 968 – REILLANNE – 1/50000
- Carte BRGM – N° 969 – MANOSQUE – 1/50000
- Photos aériennes, noir et blanc :
 - Années 1950 - 181
 - Campagne 1970 – 6414 à 6418
 - Campagne 1976 – Manosque et environ – Passes 1 à 4
 - Campagne 1978 – 4952 et 4953
- Photos aériennes, couleur :
 - Campagne 02/08/1989 – 04-09 à 04-15
 - Campagne 03/09/1994 – 03-11 et 04-10 à 04-16
 - Campagne 12/09/2003 – 01-03 à 01-10
- Extraits du registre des délibérations du conseil municipal de la ville de Manosque
- L'histoire des endiguements de la Durance dans le département des Basses-Alpes – 2^{ième} partie – DDT 04 – Jean-Marie GIBELIN
- PPR – Guide général – Ministère de l'aménagement du territoire – Ministère de l'équipement, des transports et du logement – 1999
- PPR – Risque de mouvements de terrain – Guide méthodologique – Ministère de l'aménagement du territoire – Ministère de l'équipement, des transports et du logement – 1999
- PPR – Risque d'inondation – Guide méthodologique – Ministère de l'aménagement du territoire – Ministère de l'équipement, des transports et du logement – 1999
- Bassin du Lubéron – Evaluation et cartographie des aléas miniers sur les communes de Manosque et Sigonce – Rapport S 2007/36DE - 07PAC2120 – GEODERIS – 2007
- Marçot N., Gonzalez G avec la collaboration de Belotti A. et G.-H. Ducreux (2006) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département des Alpes de Haute-Provence. Rapport BRGM/RP-54213-FR, 203 p., 45 illustrations, 6 annexes et 3 cartes hors texte.
- Felenc J., Saunier M. (2006) – Concessions pour l'exploitation de la lignite, schistes bitumineux, soufre et sel dans le SE du Lubéron (Manosque). Données informatives pour la réalisation d'une carte d'aléas. Rapport final. BRGM/RP-54522-FR, 82 p., 34 fig., 2 pl. HT.
- Plan de la Durance – Ponts et Chaussée (Service des Inondations) – 1859



- Plan des Surfaces Submersibles – Service des Ponts et Chaussées – 1959
- Prise de vue aérienne, noir et blanc (ZI St-Maurice) – Image Air – Décembre 1977
- Cartographie des zones inondables par la Durance entre Sisteron et Cadarache – Sud Aménagement Agronomie – 90-04-60 – Mars 1996
- Etude hydraulique et sédimentologique de la Moyenne et Basse Durance – 510636 – SOGREAH – Juin 1998
- Carte d'information sur le risque rupture de Barrage – ? – Mars 1999
- Etude de l'atlas des zones inondables sur la Moyenne et la Basse Durance – GEOSPHAIR – Avril 2002
- Carte Inondation (rupture de barrage ?) – EDF – Juillet 2002
- Etude hydrogéomorphologique – 02-107 – CAREX – Septembre 2002
- Cartographie des zones inondables – Département des Alpes-de-Haute-Provence – SIEE (GINGER) – 2007
- Extension des Zones Inondables – SMAVD – Juillet 2008
- Restructuration des dispositifs de protection contre les crues (Commune de Manosque) – SMAVD – Mai 2010
- Avant Projet pour la protection de Zone Industrielle de Saint-Maurice (Commune de Manosque) – SMAVD – Septembre 2010
- Articles de journaux :
 - 23 Octobre 2005 : Coulée de boue à la Thomassine
 - 5 Mai 2008 : Construction de confortements à la Thomassine
- Sites internet :
 - www.prim.net
 - www.geoportail.fr
 - Google Earth



ANNEXES



Annexe 1 : Fiches descriptives des mouvements de terrain



Annexe 2 : Cartes des événements historiques (inondations)



Annexe 3 : Arrêté préfectoral de prescription du PPR



Annexe 4 : Arrêté préfectoral d'approbation du PPR