METEO FRANCE
Direction Interrégionale Centre-Est
Division Développements – Etudes - Climatologie
Aéroport de Bron 69 500 BRON

Document réalisé à l'usage de la Compagnie Nationale du Rhône
(rediffusions partielles autorisées)

Fortes précipitations de DECEMBRE 2003 et conséquences sur les bassins du Rhône

Météo-France Centre-Est
Division Développements-Etudes-Climatologie

Serge Taboulot – Robert Pelletier – Alyette Magnouloux

Fortes précipitations de décembre 2003 et conséquences sur le Rhône

L'objectif de cette étude était de présenter les conditions météorologiques ayant conduit aux crues remarquables de décembre 2003 sur le Rhône et ses affluents, en aval de Lyon.

En s'appuyant sur l'ensemble des mesures disponibles à Météo France, nous avons mené une analyse classique dont les principaux résultats sont :

- ❖ La très forte saturation des sols au moment où interviennent les fortes pluies, suite à un mois de novembre bien arrosé, particulièrement par un épisode cévenol du 21 au 24 novembre.
- ❖ Une situation météorologique avec un positionnement inaccoutumé des centres d'action par rapport à un épisode cévenol classique, qui permet de classer l'épisode de début décembre 2003 dans le type méditerranéen extensif.
- ❖ Devant les difficultés des modèles météorologiques face aux situations exceptionnelles, des prévisions de Météo France qui décrivent correctement les phénomènes observés, leur qualité s'améliorant à l'approche des évènements.
- ❖ Des cumuls de pluie sur les bassins cévenols assez courants contrairement à ceux observés plus au nord et en moyenne vallée du Rhône.

Ainsi, les quantités de précipitations observées lors de l'épisode de décembre 2003, bien qu'importantes, ne suffisent pas à expliquer seules la montée très rapide des eaux et les valeurs exceptionnelles de débit constatées en aval de Ternay. En comparant cet événement avec l'épisode similaire le mieux connu de novembre 1996, on s'aperçoit bien que :

- ❖ le caractère remarquable des pluies de décembre 2003 vient principalement de la très grande surface concernée par les précipitations les plus abondantes (et donc du volume total des précipitations) sur les bassins versants du Rhône en aval de Lyon.
- ❖ la simultanéité de fortes pluies de part et d'autre des rives du Rhône, ainsi que le contexte antérieur de forte saturation des sols, sont vraisemblablement les deux facteurs aggravants majeurs ayant conduit aux conséquences hydrologiques exceptionnelles observées.

Sommaire

Contenu	*Page*
Résumé des principaux résultats – Sommaire	**1**
Objectifs – Données utilisées	**2**
Contexte antérieur et état des sols	**3**
Dynamique et description météorologique des événements	**7**
Chronologie des pluies par bassins versants	**9**
Estimation des durées de retour des événements pluviométriques	**15**
Comparaison avec d'autres situations de crues historiques du Rhône	**17**
Conclusion	**20**

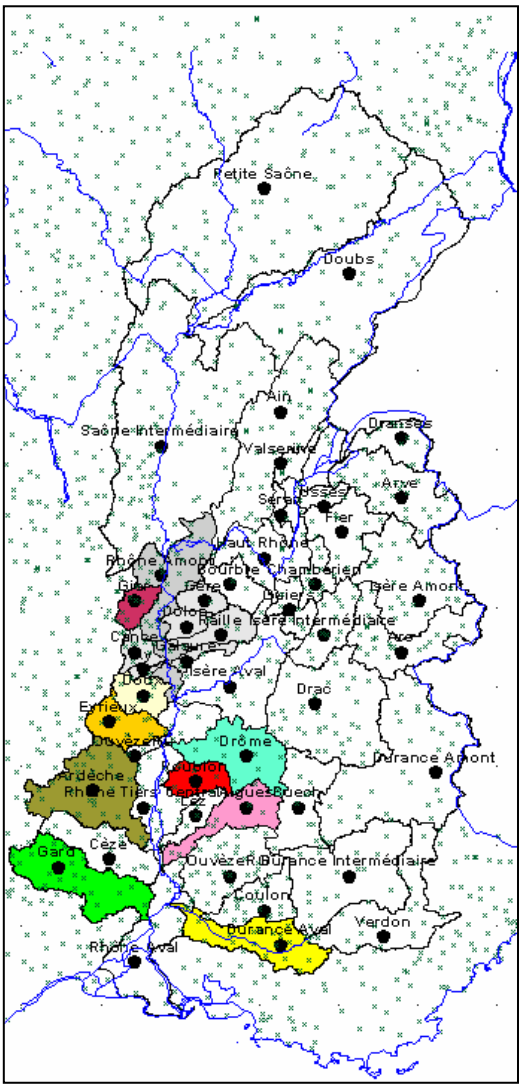
I. Objectifs – Données utilisées

I.1 Introduction et objectifs

Mars 2001, septembre 2002, novembre 2002… et maintenant décembre 2003 : la longue liste des crues du Rhône ne cesse de s'allonger, à un rythme très soutenu ces dernières années. En 2003, les conséquences ont été particulièrement sévères, tout particulièrement dans la zone d'Arles où des ruptures de digues syndicales ont entraîné des inondations dramatiques et durables.

Nous allons d'abord chercher ici à décrire et à analyser les événements météorologiques qui ont conduit à cette crue majeure du Rhône,

Outre l'analyse classique de ce type d'événement pluviométrique (contexte antérieur, genèse météorologique, chronologie des précipitations, estimation des durées de retour ponctuelles) nous tenterons plus particulièrement de fournir des pistes d'explication sur ces événements atmosphériques naturels tardifs dans la saison, qui ont conduit à une crue majeure, marquée par une montée des eaux extrêmement rapide et des débits très importants observés sur le Rhône en aval de Valence et sur ses affluents en aval de Lyon.

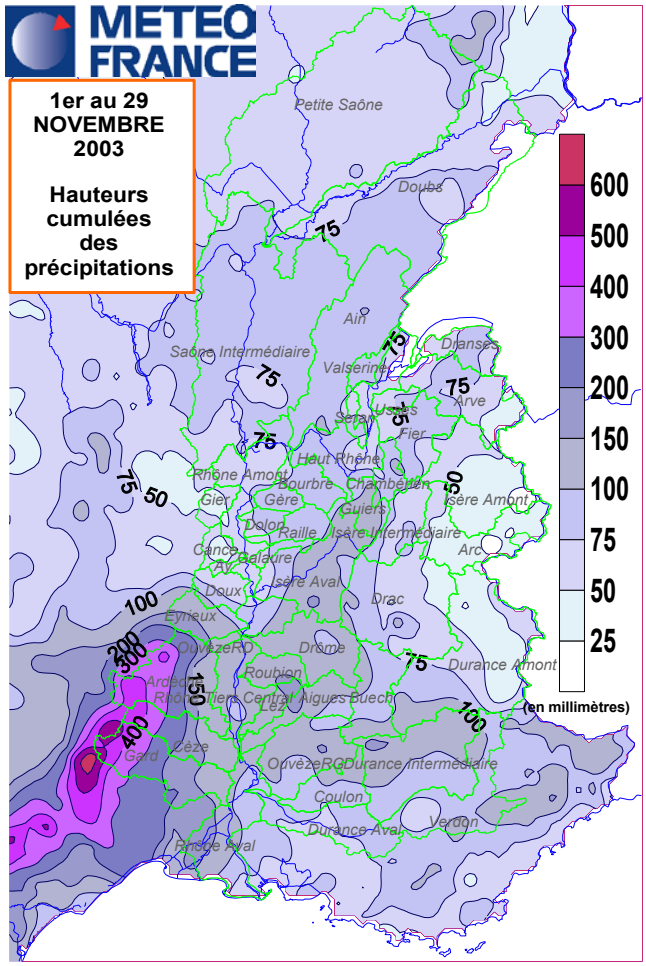


I.2 Données utilisées

La carte ci-contre présente l'ensemble des points de mesures du réseau climatologique d'état (RCE) disponibles dans la Base de Données Climatologiques de Météo-France. Chaque croix verte représente au moins une mesure de précipitations au pas de temps quotidien, c'est à dire le total, fonte de neige compris, recueilli au pluviomètre entre le matin de ce jour à 7 heures locales et le lendemain matin à 7 heures locales (6h à 6h UTC).

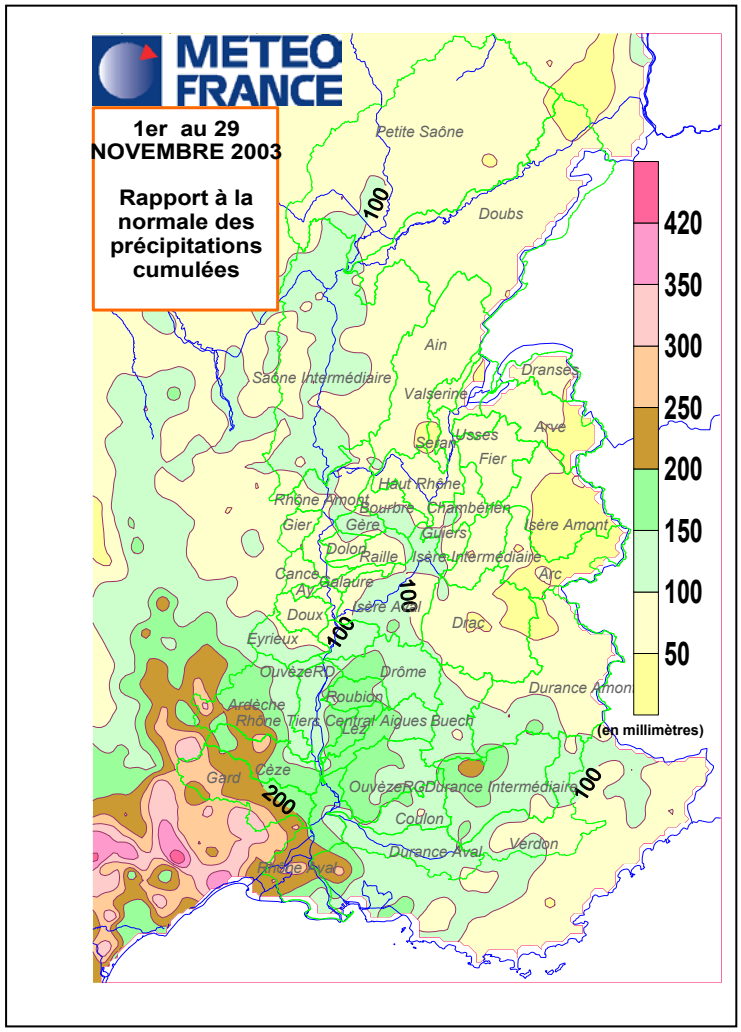
Ces données quotidiennes, issues en grande majorité de relevés de correspondants bénévoles de Météo-France qu' il convient ici de remercier pour leur dévouement, ne sont pas toujours suffisantes pour des analyses fines. Elles sont complétées par des relevés automatisés. Ce réseau automatisé est utilisé notamment pour le calcul en temps réel des lames d'eau observées qui sont fournies quotidiennement à la CNR (cf. chapitre 7 page 23). Nous nous en sommes également servi ici pour retracer plus précisément l'intensité et la chronologie des précipitations pour les 9 stations automatisées représentatives des bassins les plus touchés par les fortes pluies (cf. chapitre 3, carte page 7).

II. Contexte antérieur et état des sols

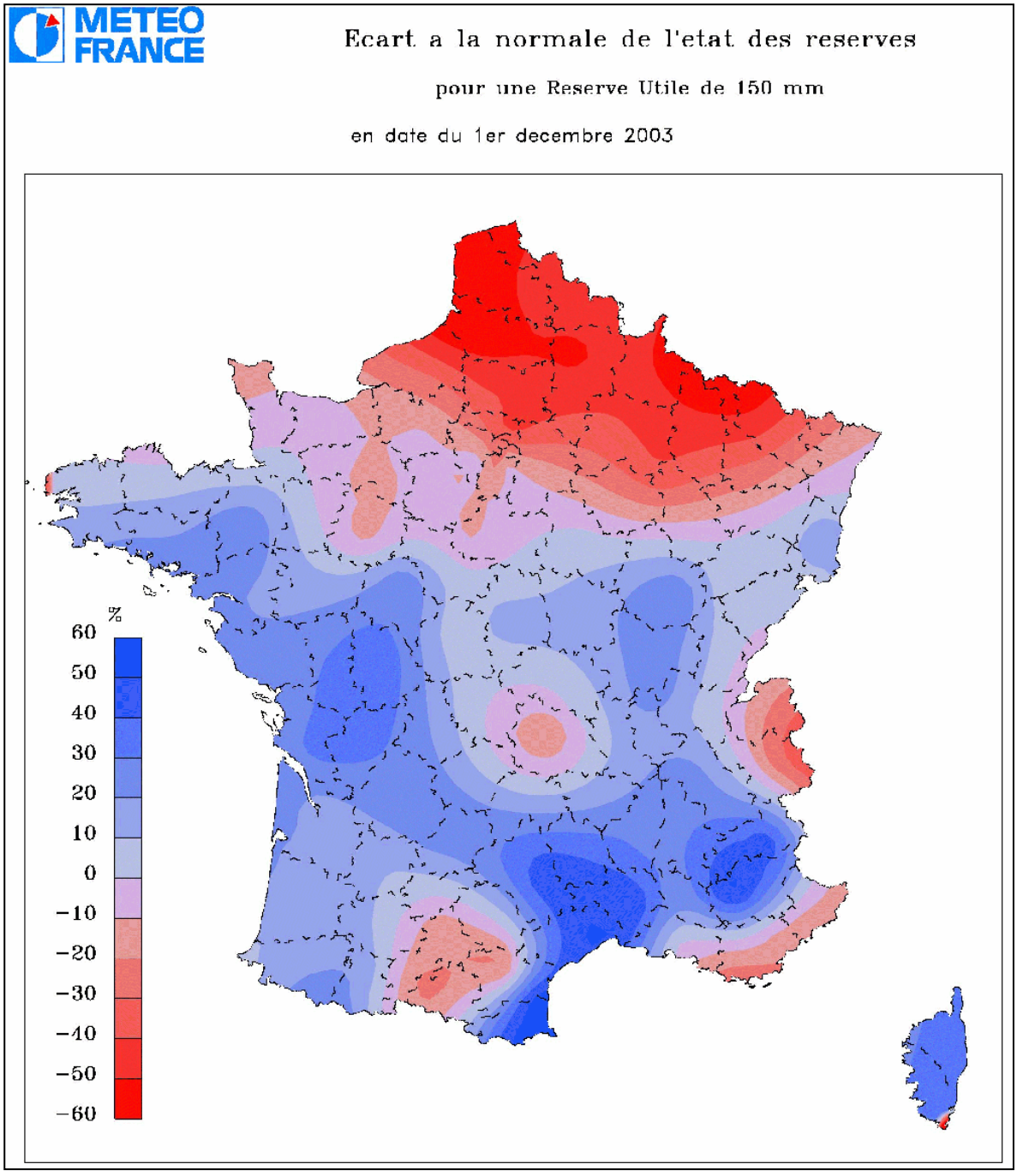


La carte ci-contre présente le cumul total des précipitations du 1er au 29 novembre 2003, donc sur la totalité du mois précédant le début des pluies ayant conduit aux inondations de décembre.

Novembre 2003 est un mois globalement pluvieux sur les bassins du Rhône. Les précipitations sont très fortes sur les hauts bassins cévenols : Gard, Cèze et Ardèche. Elles sont également élevées sur toute la partie sud du Rhône, l'Isère aval, la Drôme, le Roubion, le Lez, l'Aigues et l'Ouvèze avec des valeurs de 100 à 150 mm.



Assez conformes aux normales pour le reste des affluents français du Rhône, les pluies de novembre ne sont faibles pour la saison que dans les Alpes (Arc, Isère et Durance amont). La carte ci-contre présente le rapport du cumul des précipitations du 1er au 29 novembre 2004 à la normale et permet de repérer (couleurs vertes et au dessus) les zones où les précipitations antérieures à l'épisode de fortes pluies sont déjà excédentaires.



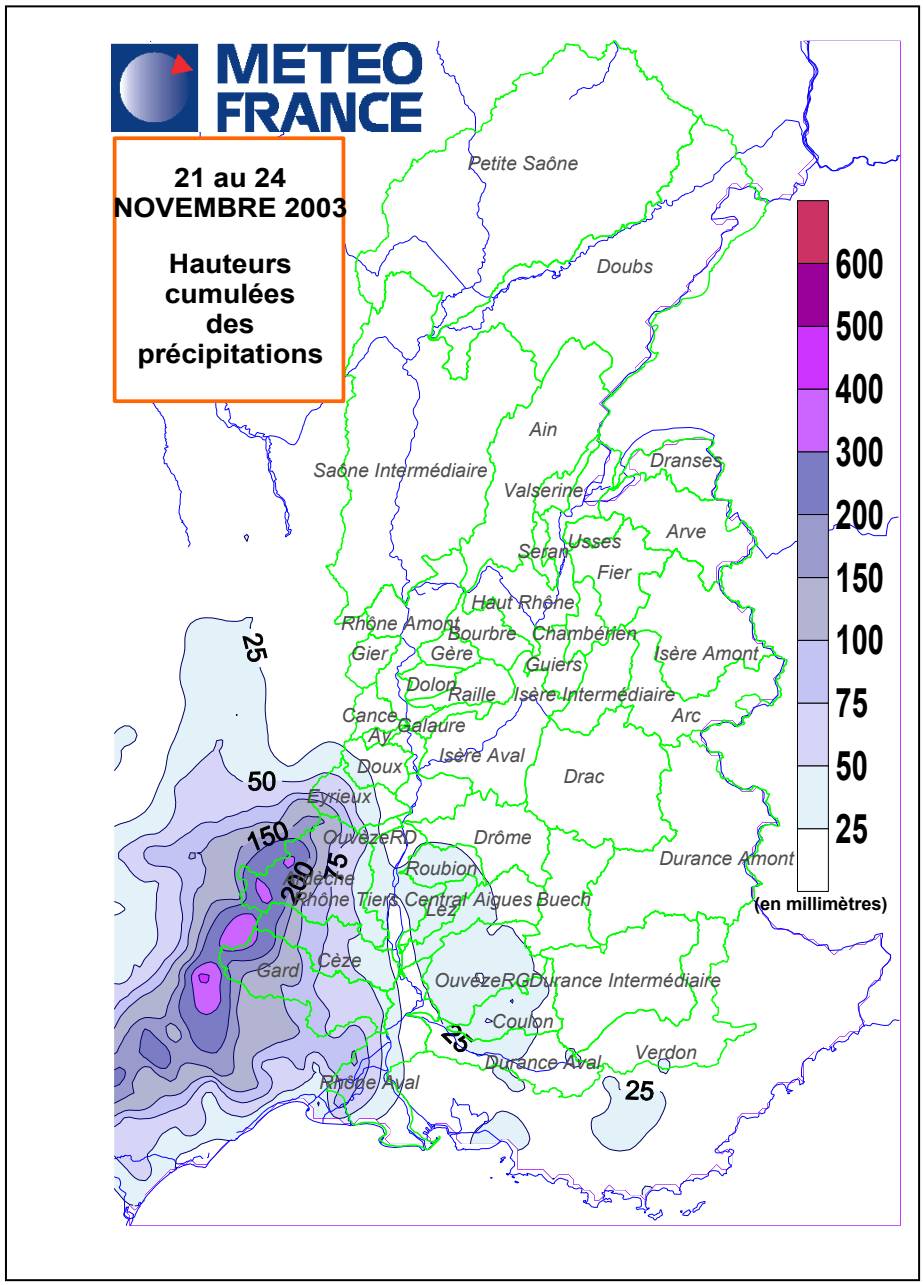
La carte ci-dessus représente le suivi fin novembre de l'état des réserves en eau du sol, comparé à la valeur normale de cette réserve à cette saison. Les couleurs bleues signifient des sols plus saturés en eau que la norme de saison.

Cet indicateur élaboré de l'état des sols permet très clairement d'affirmer que les sols de la majorité des sous bassins du Rhône sont plus saturés que la normale fin novembre 2003, juste avant que ne survienne l'épisode des plus fortes précipitations. La saturation des sols est ainsi maximale au niveau des affluents cévenols et des Alpes du sud ; elle n'est inférieure à la normale que sur les départements de Savoie.

En résumé, il est très clair qu'avant l'arrivée des fortes précipitations du 30 novembre au 3 décembre 2003, le mois de novembre avait été copieusement arrosé, rendant les sols fortement saturés pour la saison, tout particulièrement au niveau des affluents les plus méridionaux du Rhône.

En étudiant plus précisément la chronologie des précipitations abondantes de novembre 2003, on se rend compte que 2 épisodes de précipitations de type cévenol se sont succédés avant le début de l'épisode majeur du 30 novembre au 3 décembre :

- les 15 et 16 novembre, il est tombé jusqu'à 150 à 200 mm sur les hauts bassins cévenols
- puis surtout du 21 au 24 novembre, pour lequel les quantités sont présentées ci dessous :



Cet épisode de pluies est déjà important. Les pluies en moins de 4 jours dépassent largement les 200 mm sur les hauts bassins cévenols. Ces pluies antérieures, se terminant à peine 6 jours avant l'arrivée de celles de début décembre, expliquent en grande partie l'extrême rapidité de réaction des affluents cévenols déjà fortement alimentés en eau à cette occasion.

Enfin, il faut souligner qu'après cet épisode de type cévenol et avant le début des pluies le dimanche 30 novembre, le temps n'est pas sec : on note des pluies entre la soirée du 26 et la matinée du 28. Sans être très conséquentes au voisinage de la méditerranée, elles concernent surtout les affluents plus au nord, avec des valeurs de lames d'eau par bassins qui peuvent dépasser 40 mm au niveau de la Drôme par exemple, et contribuent donc à soutenir les débits du Rhône à partir de ces affluents plus au nord.

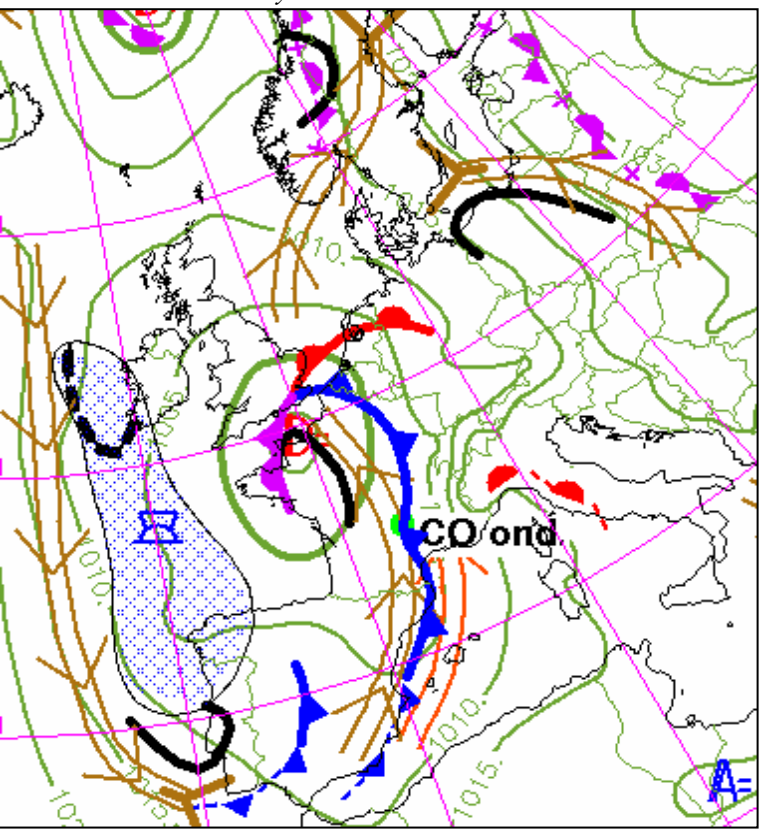
Le tableau ci dessous résume les lames d'eau recueillies sur les bassins versants étudiés (chapitre IV) au cours des principaux épisodes de pluies de novembre précèdant celui du 30 novembre au 3 décembre. Ces lames d'eau sont des cumuls de lames d'eau en 6h recalculées en temps différé (cf. chapitre VII, page 25.)

Bassins Versants	**Lames d'eau calculées (temps différé) Episodes pluviométriques de novembre 2003**								**Cumuls de novembre 2003 (mm)**
	Date	Cum (mm)	Date	Cum (mm)	Date	Cum (mm)	Date	Cum (mm)	
Bassins Versants affluents en rive droite									
Le Gier	07/11 12-18h 09/11 18-24h	6	16/11 00-06h 17/11 00-06h	14	24/11 00-06h 24/11 18-24h	1	26/11 18-24h 28/11 00-06h	22	43
Le Doux	07/11 12-18h 09/11 18-24h	13	15/11 12-18h 17/11 00-06h	18.5	21/11 12-18h 24/11 18-24h	18	26/11 18-24h 27/11 12-18h	16.5	66
L'Eyrieux	07/11 12-18h 09/11 18-24h	23	15/11 12-18h 17/11 00-06h	41	21/11 12-18h 24/11 18-24h	46	26/11 18-24h 27/11 12-18h	14	124
L'Ardèche	07/11 12-18h 09/11 18-24h	37	15/11 12-18h 17/11 00-06h	77	21/11 12-18h 24/11 18-24h	109	26/11 18-24h 27/11 12-18h	8	231
Le Gard	07/11 12-18h 09/11 18-24h	41	15/11 12-18h 17/11 00-06h	87	21/11 12-18h 24/11 18-24h	114.5	26/11 18-24h 27/11 12-18h	1.5	244
Bassins Versants affluents en rive gauche									
La Drôme	07/11 06-12h 08/11 12-18h	33	15/11 12-18h 17/11 00-06h	17	24/11 00-06h 25/11 06-12h	14	27/11 00-06h 28/11 06-12h	36	100
Le Roubion	07/11 06-12h 08/11 12-18h	39	15/11 12-18h 17/11 00-06h	19	24/11 00-06h 25/11 06-12h	33	27/11 00-06h 28/11 06-12h	32	123
L'Aigues	07/11 06-12h 08/11 12-18h	40.5	15/11 12-18h 17/11 00-06h	26	24/11 00-06h 25/11 06-12h	26	27/11 00-06h 28/11 06-12h	19.5	112
La Durance aval	07/11 06-12h 08/11 12-18h	29	15/11 12-18h 17/11 00-06h	14	24/11 00-06h 25/11 06-12h	19	27/11 00-06h 28/11 06-12h	8	70

III. Dynamique et Description météorologique des événements

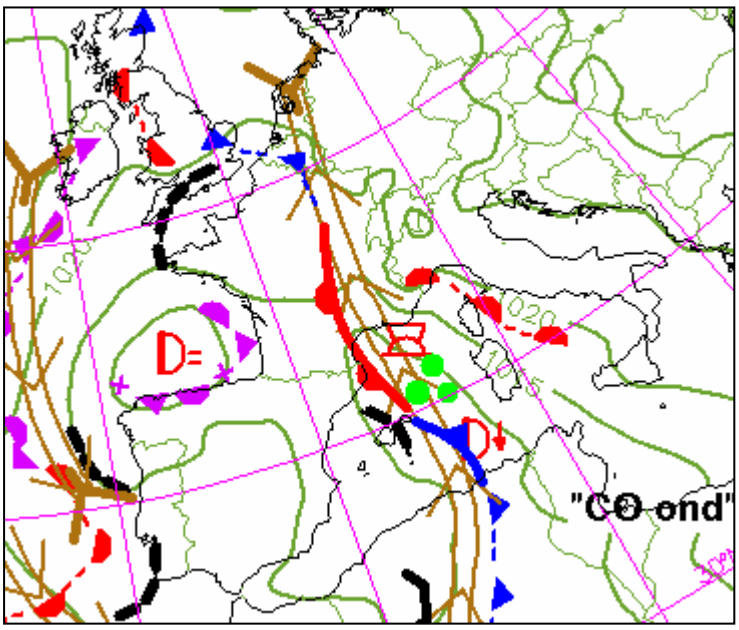
III.1 Dynamique météorologique

Analyse de la situation le 1er décembre à 6h UTC



Ce paragraphe est illustré à l'aide de cartes ANASYG qui permettent aux prévisionnistes de conceptualiser leur analyse de la situation synoptique.
Associé à une dépression centrée sur le nord de la Bretagne, un creux barométrique s'installe sur l'ouest de l'Europe entraînant vers le sud de l'air froid très dynamique. Le flux se redresse au sud sur les régions méditerranéennes ramenant sur cette région de l'air chaud et humide en provenance de la Méditerranée. Ce système se traduit au sol par le front froid nommé CO sur la carte-ci contre.
De par la présence sur l'Est de l'Europe d'un anticyclone sibérien déjà bien installé, une situation de blocage va se développer, faisant onduler le front CO.
La persistance de la dépression sur le Cotentin et du fort courant d'altitude parallèle au flux de basses couches assure ainsi l'entretien du système par un apport d'air chaud et humide en provenance de la Méditerranée. Le positionnement favorable de ces centres d'action et l'importance du creux barométrique font que de fortes pluies orageuses s'abattent en vallée du Rhône et sur le sud-est du Massif Central. Ces phénomènes s'étendent jusqu'en Bourgogne en perdant progressivement de leur activité.

Analyse de la situation le 3 décembre à 6h UTC



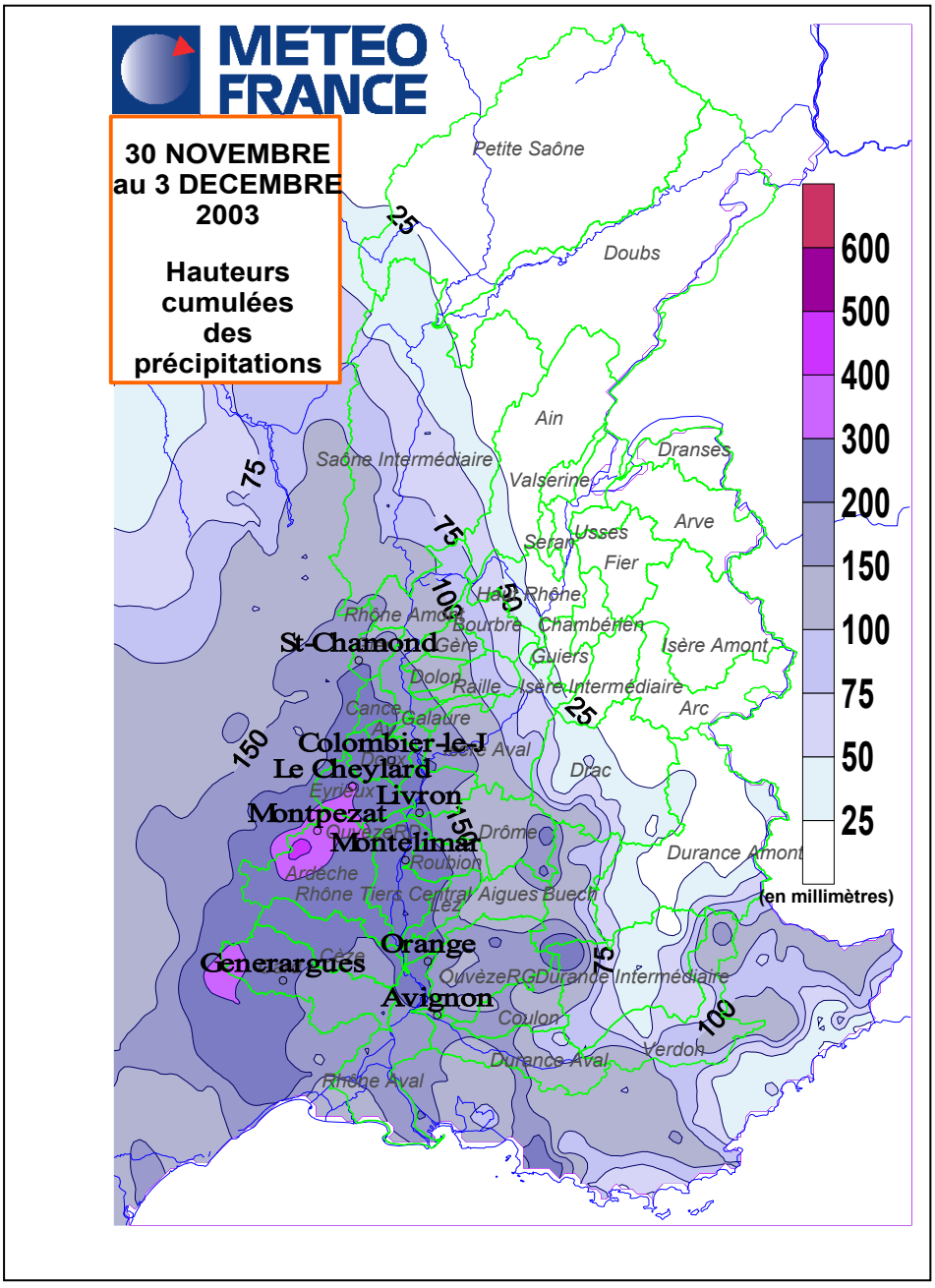
Dans la soirée du 1er décembre, l'écoulement des eaux vers la mer étant contrarié par le violent vent de sud-est, les pluies abondantes et stationnaires provoquent des inondations à Marseille.
Cette situation stationnaire avec un front entretenu par un flux d'air chaud et humide va subsister toute la journée du 2 décembre engendrant de forts cumuls de pluie.

A partir du 3 décembre, la dépression va se déplacer vers le sud-ouest de la France entraînant une bascule du creux barométrique qui oriente le flux de basses couches au sud-est puis à l'est.
La zone pluvieuse pivote vers le sud-ouest en se renforçant en début de matinée sur le Languedoc.
La fin de l'épisode pluvieux ne survient réellement que dans la matinée du 4 décembre.

En résumé, le positionnement des centres

d'action qui induit un flux de sud perturbé sur la vallée du Rhône donne à cette situation météorologique un caractère différent d'un épisode cévenol « classique » et les fortes précipitations associées concernent une vaste région s'étendant de la vallée du Rhône jusqu'à la Bourgogne. Notons que l'analyse des températures de surface de la mer Méditerranée ne laissent pas apparaître d'anomalie particulière par rapport à la climatologie.

III.2 Bilan pluviométrique général de l'épisode de fortes pluies



La carte ci-contre représente les cumuls de pluies enregistrés par le réseau de Météo-France pour les 4 journées comprises entre le 30 novembre et le 3 décembre 2003.

Les plus fortes hauteurs de précipitations sont relevées sur les têtes des bassins cévenols (Gard et Ardèche) avec plus de 300 mm, mais la zone concernée ne se limite pas à ces bassins comme dans un épisode cévenol « classique ».
En effet, l'orientation au sud du flux de basses couches (voir paragraphe précédent) fait que la zone des précipitations importantes s'étend plus au nord jusqu'au bassin de la Saône Intermédiaire avec une limite nord de l'isohyète 200 mm située vers le bassin du Gier.
Cette extension vers le nord est très caractéristique des crues à caractère méditerranéen extensif.
Par opposition, l'extension de la zone des fortes précipitations vers les Alpes est extrêmement limitée : le bassin de la Durance est surtout concerné dans sa partie aval et une majorité des bassins des Alpes restent à l'écart des pluies. On relève toutefois quelques zones avec 200 mm en tête des bassins de la Drôme, du Verdon, ainsi qu'à l'intersection des bassins de l'Ouvèze Rive Gauche, du Coulon et de la Durance Intermédiaire.

L'analyse de la situation météorologique et de cette carte du total pluviométrique permet donc de classer **la crue de décembre 2003 dans la catégorie des événements méditerranéens extensifs**.

IV. Chronologie des pluies par bassins versants

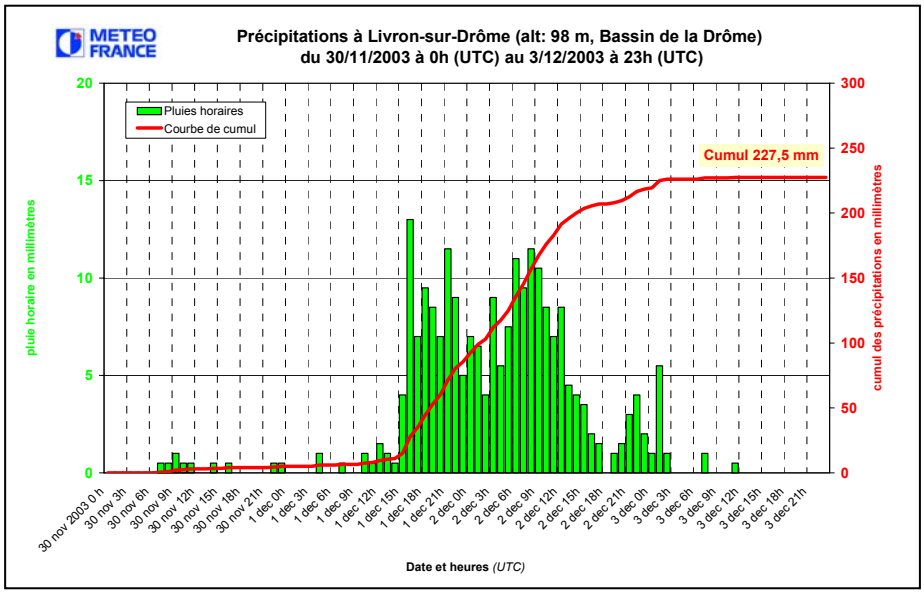
A la demande de la CNR, 9 sous bassins particulièrement concernés par les très fortes précipitations ont été étudiés plus précisément. Nous avons donc choisi conjointement 9 stations automatisées (présentées sur la carte des pluies totales du paragraphe précédent) susceptibles de représenter correctement la chronologie et l'intensité des précipitations sur ces bassins, qui contribuent principalement à la crue majeure du Rhône en aval de Valence.

IV.1 Les bassins de la rive gauche du Rhône

Du fait de leur ressemblance, nous avons regroupé dans ce paragraphe les histogrammes décrivant la chronologie des précipitations pour les stations représentatives des bassins versants situés sur la rive gauche du Rhône.

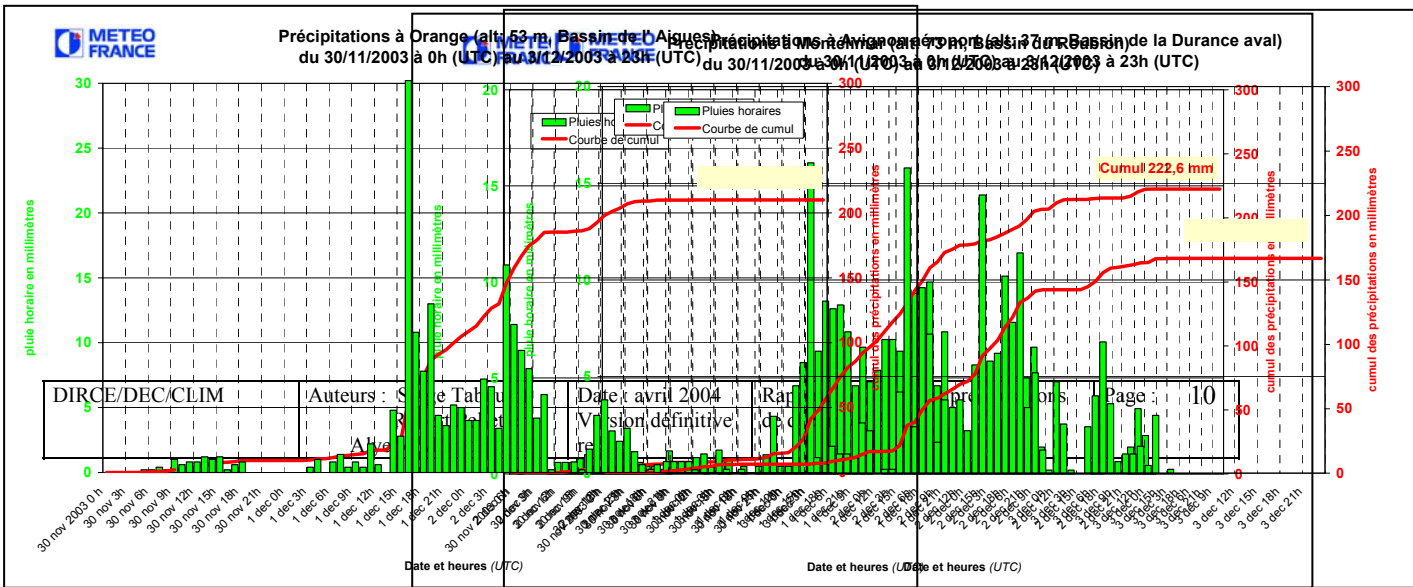
Les 4 stations choisies pour représenter respectivement du nord au sud, la Drôme, le Roubion, l'Aigues et la Durance Aval, sont toutes situées dans la partie aval des bassins versants, à proximité du Rhône.
Les quantités d'eau présentées dans cette chronologie (voir ci-dessous et page suivante) sont donc disponibles presque immédiatement pour alimenter le Rhône.

Pour ces 4 postes, la phase la plus intense des précipitations débute le 1er décembre entre 14h et 15h UTC et se poursuit jusqu'à la mi-journée du lendemain avec des intensités fluctuantes. Puis, après un arrêt ou un ralentissement selon les postes, les pluies repartent dans la nuit du 2 au 3 mais avec des intensités faibles. Les intensités horaires les plus fortes sont relevées entre 16 et 17h UTC le 1er décembre : elles sont inférieures à 20 mm, sauf à Orange où on enregistre 30 mm/heure.



Les histogrammes des 2 stations les plus au nord (Montélimar et Livron-sur-Drôme) se distinguent par la continuité des précipitations durant l'après-midi du 2 décembre : les pluies diminuent d'intensité sans toutefois disparaître.

L'histogramme de la station d'Avignon aéroport diffère des autres par un cumul plus faible : 167 mm contre 210 mm à Orange et une valeur maximale de 227 mm pour la station de Livron-sur-Drôme, poste le plus au nord sur la rive gauche du Rhône.

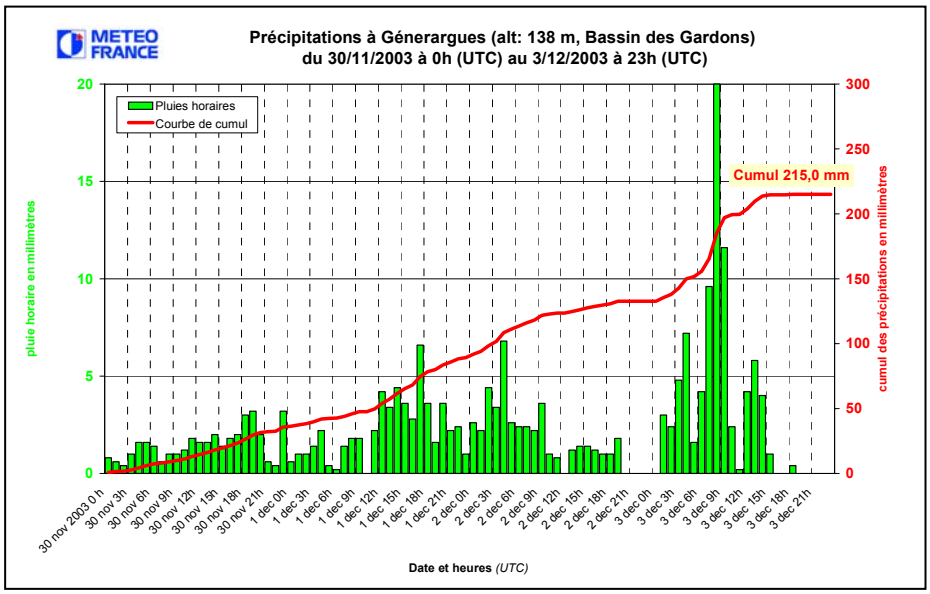


IV.2 Les bassins de la rive droite du Rhône

Nous allons maintenant tracer et commenter les histogrammes relatifs aux bassins versants de la rive droite du Rhône en les considérant successivement du sud au nord, ce qui correspond mieux à la chronologie des précipitations en provenance de la Méditerranée.

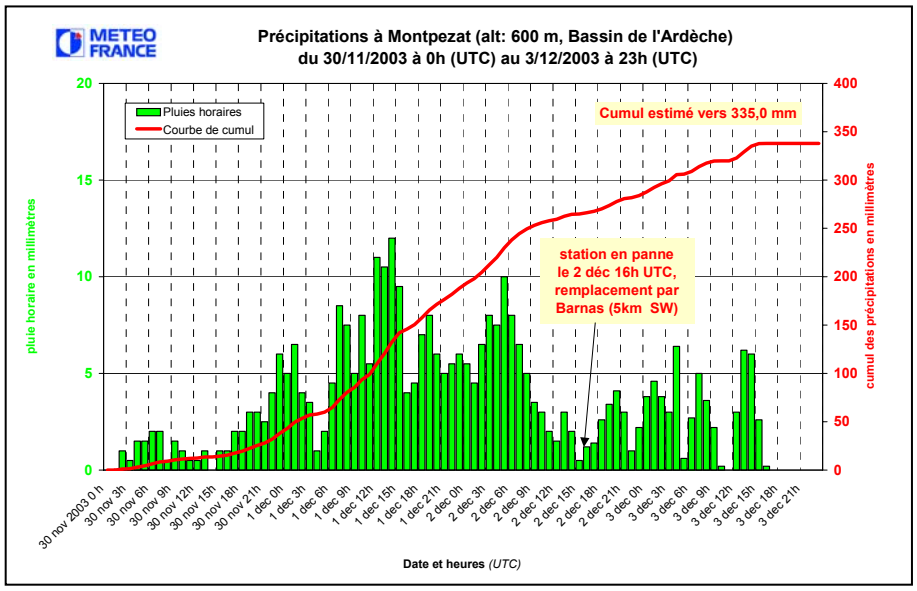
IV.2.1 Le bassin du Gard

La station de Générargues, représentative du milieu du bassin du Gard, présente une chronologie des précipitations très différente des 4 bassins étudiés précédemment qui étaient représentatifs de la proche rive gauche du Rhône.
L'histogramme de la page suivante montre que les précipitations ont déjà commencé le 30 novembre au matin avec des intensités faibles (moins de 5 mm/h). Bien qu'une accentuation se produise dans l'après-midi du 1er décembre, les intensités restent néanmoins plus faibles qu'en rive gauche (à peine plus de 5 mm/h). Une accalmie a également lieu en première partie de la nuit du 2 au 3 décembre, mais elle est plus tardive qu'en rive gauche où les précipitations ont déjà recommencé.
Les pluies repartent à Générargues vers 1h UTC le 3 décembre avec des intensités plus fortes que dans la phase précédente, atteignant un maximum de 20 mm entre 8 et 9h UTC. Elles se prolongent jusque dans l'après-midi alors qu'il ne se passe plus rien depuis le milieu de la nuit sur les bassins de la rive gauche.



Bien que les intensités soient faibles, à l'exception du 3 décembre, les pluies continues durant la période du 30 novembre au 3 décembre finissent par atteindre une valeur cumulée de 215 mm comparable à celles relevées sur la rive gauche du Rhône. Ce total est inférieur aux valeurs maximales atteintes en tête du bassin du Gard où les 300 mm ont été dépassés (voir carte du paragraphe bilan pluviométrique).

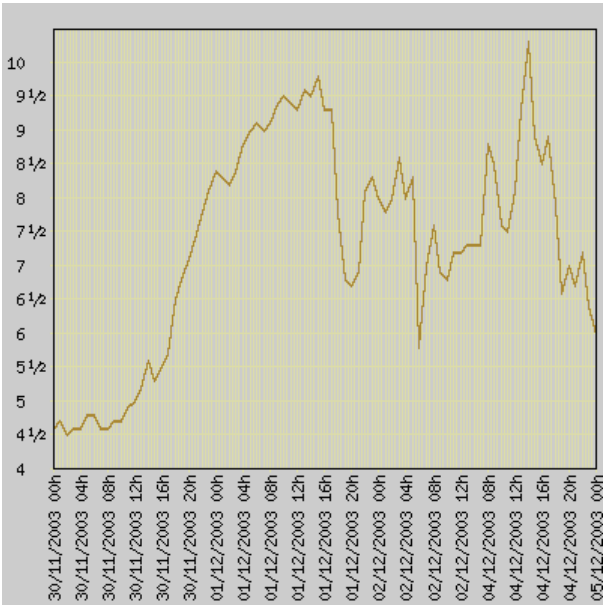
IV.2.2 Le bassin de l'Ardèche



La station de Montpezat située en haut du bassin de l'Ardèche, a été choisie pour étudier la chronologie des précipitations sur ce bassin. Toutefois, cette station étant tombée en panne à partir de 16h UTC le 2 décembre, nous avons complété notre graphique avec les données de la station de Barnas située à 5 km au sud-ouest et 120 m plus bas que Montpezat.

Comme à Générargues les précipitations démarrent dès la nuit du 30 novembre, mais les intensités sont rapidement plus élevées. Les pluies se poursuivent avec peu de répit jusque dans la matinée du 2 décembre, les intensités restant comprises entre 5 et 10 mm/h. Les intensités deviennent plus variables jusque dans l'après-midi du 3 décembre et restent moins importantes que sur le Gard dans la matinée.

Le cumul total estimé sur la période d'étude dépasse la valeur des 300 mm d'eau représentative des zones les plus arrosées de la haute Ardèche.

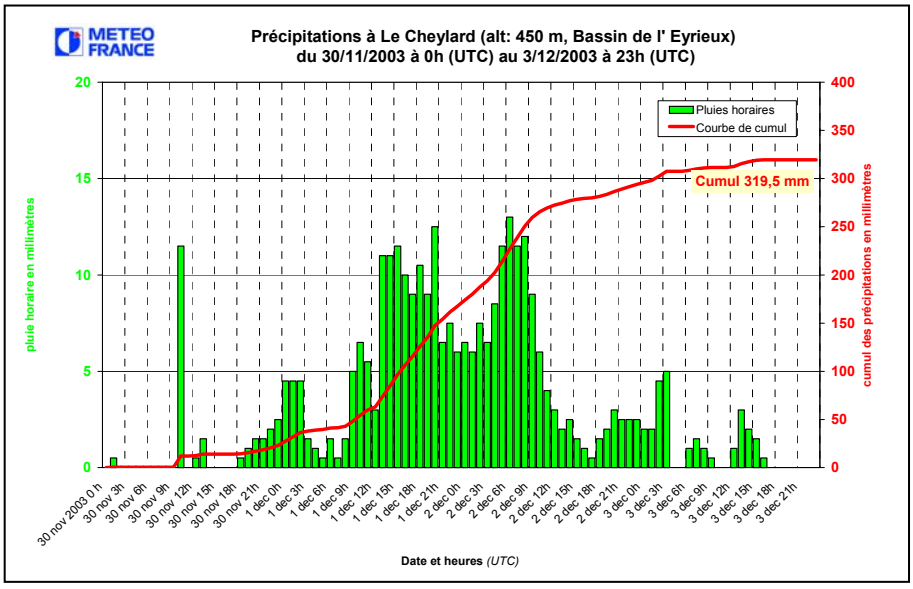


L'observation du graphe des températures ci-contre montre qu'à Montpezat (altitude 600 m), la température sous abri est supérieure à 4°C la nuit du 30 novembre. L'arrivée des fortes pluies s'accompagnent d'un net réchauffement car les températures restent supérieures à 6°C jusqu'à la fin de l'épisode.

Ce graphe montre que le stockage sous forme de neige est négligeable. En effet, si la présence de neige n'est pas impossible à des altitudes supérieures à 1000 m, ces régions correspondent à une très faible surface du bassin de l'Ardèche.

IV.2.3 Le bassin de l'Eyrieux

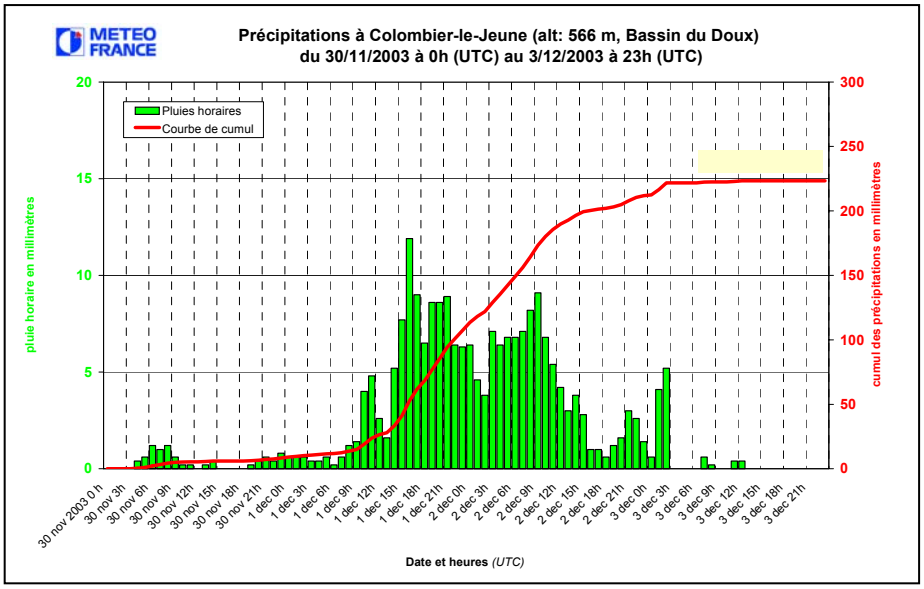
La station du Cheylard choisie pour représenter le bassin de l'Eyrieux est située dans la zone ayant enregistrée plus de 300 mm d'eau durant cet épisode (cumul total de 320 mm).



L'observation du graphe ci-dessus montre une ressemblance avec la haute Ardèche et la station de Montpezat, les précipitations débutant plus tardivement dans la matinée du 30 novembre et ne devenant continues qu'en fin de journée. Les intensités sont alors moins élevées que sur l'Ardèche mais, à partir de 13 h UTC le 1er décembre, elles deviennent plus importantes et restent pendant presque 24 heures comprises entre 6 et 13 mm/h. Les pluies subsistent ensuite jusque dans la soirée du 3 décembre mais de manière moins continue et moins soutenue que sur le bassin de l'Ardèche.

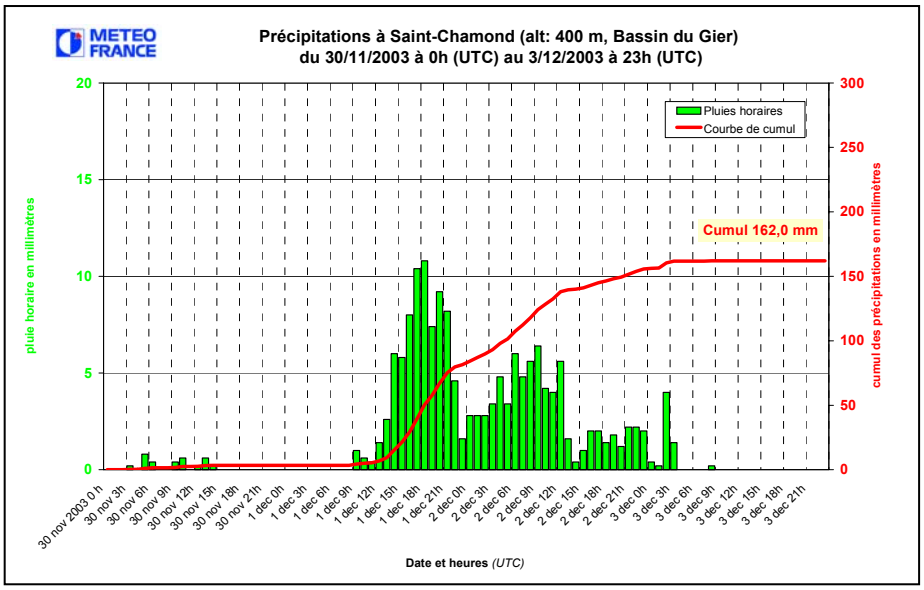
IV.2.4 Le bassin du Doux

Le bassin du Doux représenté par la station de Colombier-le-Jeune, montre une chronologie assez proche de celle observée pour l'Eyrieux, mais avec des intensités toujours moins fortes (voir graphe page suivante). Toutefois, les intensités horaires sont comprises entre 4 et 12 mm (1 seule heure supérieure à 10 mm) durant la période où les précipitations sont maximales (du 1er décembre 14h UTC au 2 décembre 12h UTC).
En conséquence, le bilan sur l'épisode est élevé avec des pluies cumulées de 223 mm sur les 4 jours.



IV.2.5 Le bassin du Gier

A Saint-Chamond, les précipitations causées par la situation de blocage (qui se traduit au sol par un front ondulant) ne démarrent que le 1er décembre à 9h UTC et vont en s'amplifiant durant cette journée avec des intensités comprises entre 5 et 11 mm/h. Après un ralentissement durant la nuit du 1er au 2 décembre, les précipitations se poursuivent durant la journée du 2 décembre puis baissent d'intensité jusqu'à 4h UTC le 3 décembre.
Le cumul de 162 mm pour la totalité de l'épisode s'avère moins important que ceux des autres bassins étudiés sur la rive droite. Les précipitations sont cependant élevées du fait qu'elles tombent en moins de 2 jours sur un bassin situé très au nord et donc soumis théoriquement à un climat moins méditerranéen.



V. Estimation des durées de retour de ces précipitations

Chaque fois qu'apparaît une situation météorologique peu fréquente qui génère des événements hydrauliques inhabituels, la même question se pose : la cause (l'importance des précipitations) est-elle aussi exceptionnelle que ses conséquences (les débits records du Rhône observés à Beaucaire).

Une première réponse peut-être apportée par l'estimation des durées de retour ponctuelles des précipitations.

A cet effet, les 9 postes automatisés étudiés précédemment ont été retenus parce qu'ils disposaient d'au moins 50 ans d'historique voire plus pour les données quotidiennes. Nous avons pu ainsi réaliser une estimation complète des durées de retour des précipitations maximales observées pendant l'épisode du 30 novembre au 3 décembre 2003 pour des durées qui s'étendent de 1 heure à 3 jours.

La méthode d'ajustement retenue est celle du renouvellement qui consiste à adapter les valeurs qui dépassent un seuil de fréquence annuel (le nombre annuel de dépassements étant ajusté par une loi de Poisson). Cette méthode éprouvée permet l'homogénéité des calculs sur l'ensemble des pas de temps étudiés. Elle majore parfois l'estimation comparativement à celle obtenue par l'ajustement des maxima annuels par une loi de Gumbel, mais de façon peu significative.

Pas de temps \ Poste	1 heure	2 heures	3 heures	6 heures	12 heures	1 JOUR	2 JOURS	3 JOURS
Avignon (Durance Aval)	15,8 *< 1 an*	20,2 *< 1 an*	29,4 *< 1 an*	55,8 *3 ans*	83,4 *6 ans*	129,2 *25 ans*	159,8 *25 ans*	166,8 *15 ans*
Orange (Aigues)	30,2 *2 ans*	41 *3 ans*	48,8 *3 ans*	69,8 *4 ans*	101,8 *10 ans*	170,6 *50 ans*	200,6 *100 ans*	209,8 *40 ans*
Montélimar (Roubion)	16,2 *< 1 an*	22,6 *< 1 an*	31,6 *< 1 an*	56,4 *2 ans*	91,8 *4 ans*	162,4 *40 ans*	205,8 *50 ans*	217,6 *40 ans*
Livron/Drôme (Drôme)	13 *< 1 an*	22 *< 1 an*	32 *4 ans*	58,5 *10 ans*	99 *40 ans*	189 *100 ans*	221 *100 ans*	226,5 *50 ans*
Générargues (Gard)	20 *< 1 an*	31,6 *< 1 an*	41,2 *< 1 an*	54,2 *< 1 an*	75,6 *< 1 an*	87,4 *< 1 an*	152,2 *3 ans*	195,4 *4 ans*
Montpezat (Ardèche)	12 *< 1 an*	22,5 *< 1 an*	33,5 *< 1 an*	56,5 *< 1 an*	93 *2 ans*	173,5 *3 ans*	252,7 *4 ans*	323,1 *6 ans*
Le Cheylard (Eyrieux)	13 *< 1 an*	24,5 *< 1 an*	36,5 *2 ans*	65,5 *5 ans*	111 *20 ans*	211,5 *60 ans*	271 *40 ans*	311 *40 ans*
Colombier-le-Jeune (Doux)	11,9 *< 1 an*	20,9 *< 1 an*	28,6 *< 1 an*	53,5 *3 ans*	90,1 *8 ans*	164,8 *40 ans*	211,5 *15 ans*	221,7 *15 ans*
St-Chamond (Gier)	10,8 *< 1 an*	21,2 *< 1 an*	29,2 *2 ans*	54 *15 ans*	77,6 *30 ans*	131,2 *>200ans*	158,6 *>200ans*	161,6 *>200ans*

Tableau des valeurs maximales relevées par pas de temps et des durées de retour associées.

Du précédent tableau, il ressort qu'aucune intensité de précipitations en moins de 3 heures n'est exceptionnelle. En effet, les durées de retour n'excèdent pas 3 ou 4 ans, l'estimation la plus importante étant obtenue pour les postes de plaine (Livron-sur-Drôme et Orange).

Par ailleurs, l'événement pluviométrique demeure incontestablement commun sur les bassins cévenols traditionnellement touchés par ces pluies méditerranéennes très intenses (Gardons, Cèze, Ardèche). Les durées de retour atteignent seulement 4 à 5 ans pour des pluies en 2 ou 3 jours, y compris au voisinage de la tête du bassin de l'Ardèche qui présente un cumul de plus de 400 mm.

Les postes représentant les bassins de l'Eyrieux et du Doux (respectivement Le Cheylard et Colombier-le-Jeune) présentent déjà des valeurs un peu plus rares, en particulier pour le cumul durant 24 heures (à cheval sur les journées du 1er et du 2) dont la durée de retour est alors d'environ 50 ans.

Les durées de retour estimées pour les affluents de la rive gauche et le Tiers central du Rhône sont également assez élevées. Mais les valeurs comprises entre 25 et 100 ans, calculées sur 48 heures à Orange et Livron-sur-Drôme, sont plus étonnantes encore pour des bassins qui ne sont traditionnellement par touchés lors d'épisodes purement cévenols.

Enfin, les valeurs de Saint-Chamond révèlent le caractère particulièrement exceptionnel de cet événement pluviométrique sur les zones plus septentrionales. Fort d'un panel de données de plus de 50 ans permettant un calcul assez fiable de valeurs de durées de retour de 200 ans, les valeurs obtenues début décembre 2003 dépassent de loin tous les records connus sur ces zones (Ay, Cance, Gier, Monts du Lyonnais, etc.) dont les derniers ont été enregistrés les 10 et 11 novembre 1996.

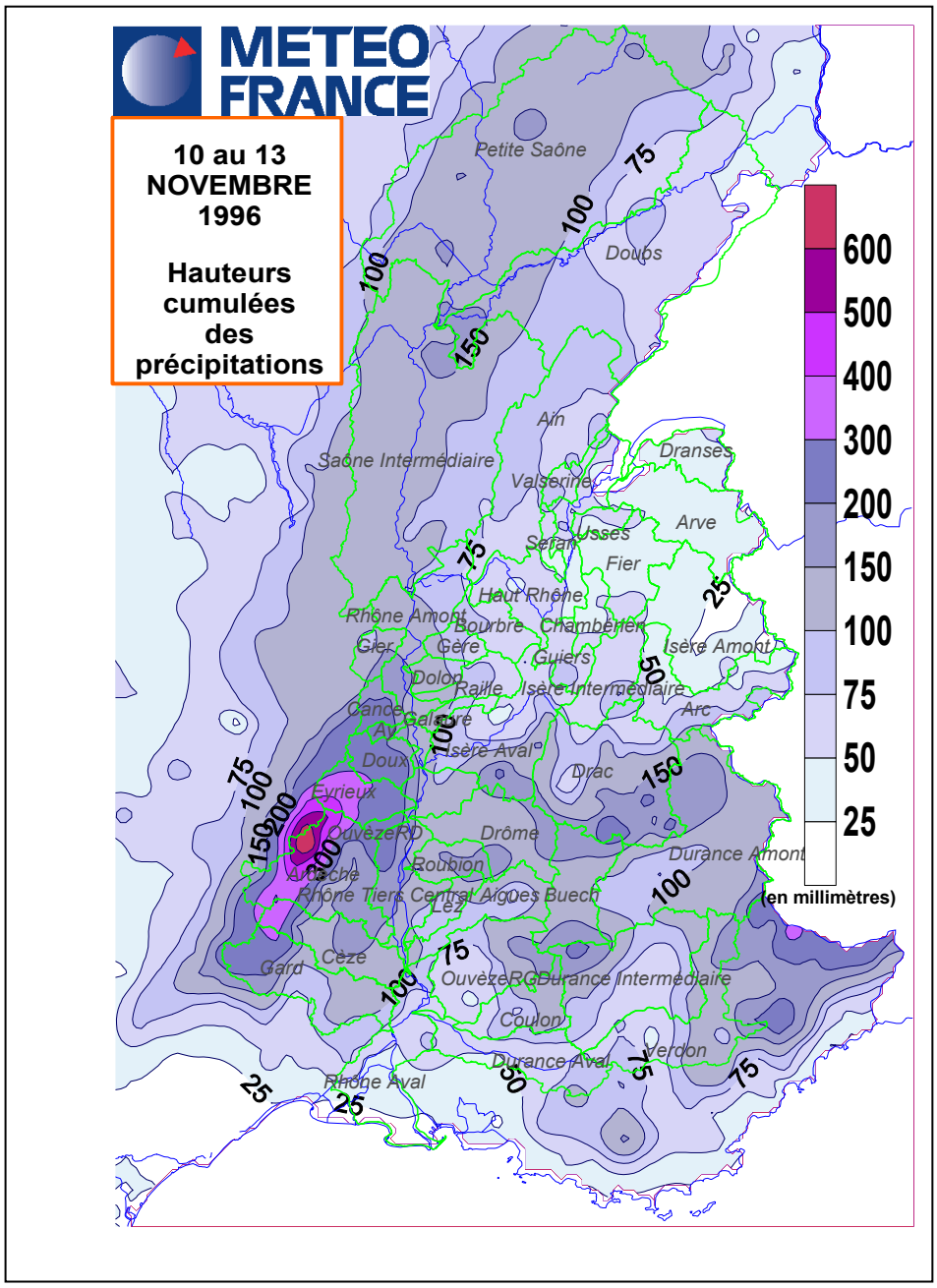
En conclusion sur les durées de retour, force est de reconnaître que les évènements pluviométriques du 30 novembre au 3 décembre 2003 bien qu'importants, sont assez loin du caractère tout à fait exceptionnel présenté par leur impact au niveau des débits mesurés en aval du Rhône.
Ainsi, du point de vue climatique, les pluies recueillies sur les bassins cévenols sont assez courantes ; elle sont déjà bien plus rares sur le tiers central du Rhône et ses affluents de rive gauche. En fait, elles ne sont extrêmement remarquables que par leur extension au nord jusqu'au massif du Pilat et aux monts du Lyonnais.

Il semble donc qu'il faille chercher des explications complémentaires à l'ampleur des valeurs maximales des crues observées : la simultanéité des pluies sur les zones très étendues touchées par les pluies abondantes, ainsi que le contexte antérieur à ces précipitations de décembre 2003 (épisode de pluies cévenoles du 21 au 24 novembre présenté page 4 ayant déjà fortement amplifié les débits) sont vraisemblablement les 2 facteurs principaux des conséquences hydrologiques observées sur le Rhône à Beaucaire. Notons également que l'approche des durées de retour calculées ponctuellement reste systématiquement décevante par rapport à la question plus globale qui serait de positionner l'ensemble de l'événement pluvieux. A l'avenir, grâce à la disponibilité des lames d'eau recalculées sur plus de 10 ans par bassins versants, il nous semblerait plus judicieux d'effectuer l'ajustement statistique des volumes totaux de précipitations par bassins versants. Cette approche, techniquement déjà faisable, serait toutefois extrêmement coûteuse en terme de calculs à effectuer.

VI. Comparaison avec d'autres situations analogues ayant conduit à des crues historiques du Rhône

VI.1 Novembre 1996 :

Novembre 1996 a été un mois très perturbé, qui a en particulier connu un épisode de crues remarquables suite à des précipitations de type méditerranéennes extensives du 10 au 13 novembre.



Cet épisode peut être considéré comme la meilleure référence d'événement de type méditerranéen extensif comparable à début décembre 2003. La carte ci-contre présente le cumul des précipitations pour ces 4 jours de novembre 1996. Ce cumul étant effectué sur la même durée de 4 jours et à la même échelle, il est très intéressant d'analyser les similitudes ou les différences avec la carte de cumul présentée en page 7.

Nous remarquons essentiellement :

- Les valeurs extrêmes nettement plus fortes en novembre 1996 qu'en décembre 2003 (avec respectivement plus de 600 mm sur la haute Ardèche contre 400)
- Un caractère plus largement extensif des précipitations vers le Nord en 1996, avec une très large zone à plus de 100 mm sur le bassin de la Saône
- Dans la partie sud du bassin versant du Rhône par contre, la zone touchée par une lame d'eau de plus de 150 mm est très nettement moins étendue en 1996 qu'elle ne l'a été en décembre 2003, où ces zones de fortes précipitations débordent bien plus largement sur la vallée du Rhône.

En résumé, bien que les valeurs maximales cévenoles soient plus faibles et que l'extension au nord des précipitations soit moindre, **l'épisode de fortes précipitations de décembre 2003 est d'une ampleur bien supérieure à celui de novembre 1996 sur la partie aval du Rhône.**

Cette différence se situe essentiellement au niveau des surfaces touchées par des pluies de plus de 150 mm en moins de 4 jours : de l'ordre de 17500 km² en 2003 contre 11500 km² en 1996, elles sont bien plus importantes en 2003, s'étendant en particulier sur la totalité de la vallée du Rhône au sud de Givors et sur une surface plus large de la partie aval des affluents de la rive gauche.

VI.2 Autres épisodes de pluies méditerranéennes extensives :

La comparaison effectuée avec l'épisode de novembre 1996 semble météorologiquement parlant la plus pertinente, car il s'agit d'un événement de nature météorologique très proche, survenant à la même saison et sur une durée très comparable d'un peu moins de 4 jours.

Ainsi, la comparaison des causes météorologiques de crues historiques comme celle de novembre 1840, mai 1856, octobre 1993 ou novembre 2002 n'est même pas possible, car il s'agit dans ces 4 cas de type de crues généralisées, c'est à dire dont les causes météorologiques tiennent en une succession de situations très différentes sur des périodes qui durent plusieurs semaines, donc absolument pas comparables à celle de novembre 1996 ou décembre 2003.

Par contre, une autre situation peut être comparable : celle de début janvier 1994, où les débits de pointe ont été également supérieurs à 10000 m^3 /s à Beaucaire.

Dans ce cas, ce sont des pluies cumulées en 3 jours, du 5 au 7 janvier 1994, qui sont la cause principale des réactions du Rhône, tout en partant également de sols d'hiver très saturés.

Les bassins touchés en 1994 sont toutefois différents. En rive droite, les valeurs relevées sont un peu plus faibles et moins étendues qu'en décembre 2003 (avec le haut bassin du Gard presque épargné, mais également de fortes précipitations sur la vallée de Valence à Montélimar). Par contre, en rive gauche, certains bassins ont été bien plus exposés aux fortes pluies en 1994, comme l'Aigues, le Roubion, l'Ouvèze, la Haute Durance et le Verdon.

Au total, lors des événements de janvier 1994, l'étendue géographique des zones touchées par des précipitations de plus de 150 mm semble assez proche ou légèrement inférieure à celle de décembre 2003. Mais ces zones sont beaucoup moins homogènes, dispersées entre les bassins de l'Ardèche et de l'Eyrieux, de l'Aigues et de l'Ouvèze , du Verdon et de la Durance.

Ainsi, cette autre base de comparaison possible nous paraît bien confirmer que la spécificité de l'épisode de début décembre 2003 : elle réside dans le caractère continu et très étendu de la zone des plus fortes précipitations, qui ont ainsi touché simultanément un grand nombre de sous bassins du Rhône voisins, entraînant une vraisemblable conjonction des situations de crue en aval.

CONCLUSION

Les précipitations abondantes de début décembre 2003 ont conduit au quatrième épisode de crue importante du Rhône du tout jeune 21ème siècle, après mars 2001 (crues océaniques), septembre 2002 (type cévenol atypique, qualifié de « hors normes ») et novembre 2002 (type généralisé).

L'étude classique de la situation météorologique et des cumuls de pluies recueillis prouve clairement que cet épisode de décembre 2003 est de type méditerranéen extensif. Il survient en un peu plus de 3 jours, en débutant par une situation cévenole classique les 30 et 1er. Mais le 2 décembre, les fortes pluies s'étendent loin au nord en rive droite, et concernent simultanément la partie basse de la vallée du Rhône et une bonne partie des bassins de la rive gauche les plus proches du fleuve.

L'analyse des précipitations horaires de 9 stations automatisées représentatives des bassins versants les plus touchés montre globalement qu'il y a peu de différence de chronologie des pluies. La seule exception concerne le bassin des Gardons, avec des pluies qui démarrent un peu plus tôt le 30 novembre et s'atténuent le 2 avant de reprendre plus intensément le 3 décembre, alors que le temps est redevenu sec ailleurs.

Analysées en termes de durées de retour ponctuelles, les valeurs relevées sur ces stations représentatives n'ont rien de franchement exceptionnel sur les affluents cévenols. Elles sont par contre nettement plus rares au niveau du tiers central du Rhône et de ses affluents de rive gauche, ainsi que sur les bassins les plus au Nord comme celui du Gier.

Finalement, pour tenter d'expliquer les crues exceptionnelles observées sur le Rhône à Beaucaire, les meilleures pistes sont les suivantes : **la très grande étendue géographique des plus fortes précipitations (environ 50% de plus qu'en novembre 1996), ainsi que la quasi simultanéité des pluies tombées de part et d'autre de la vallée du Rhône sur des sols déjà fortement saturés par des pluies abondantes en novembre (épisode cévenol du 21 au 24 novembre et pluies du 27-28 novembre plus au nord).**