



Centre de Gestion des Crues et des Etiages

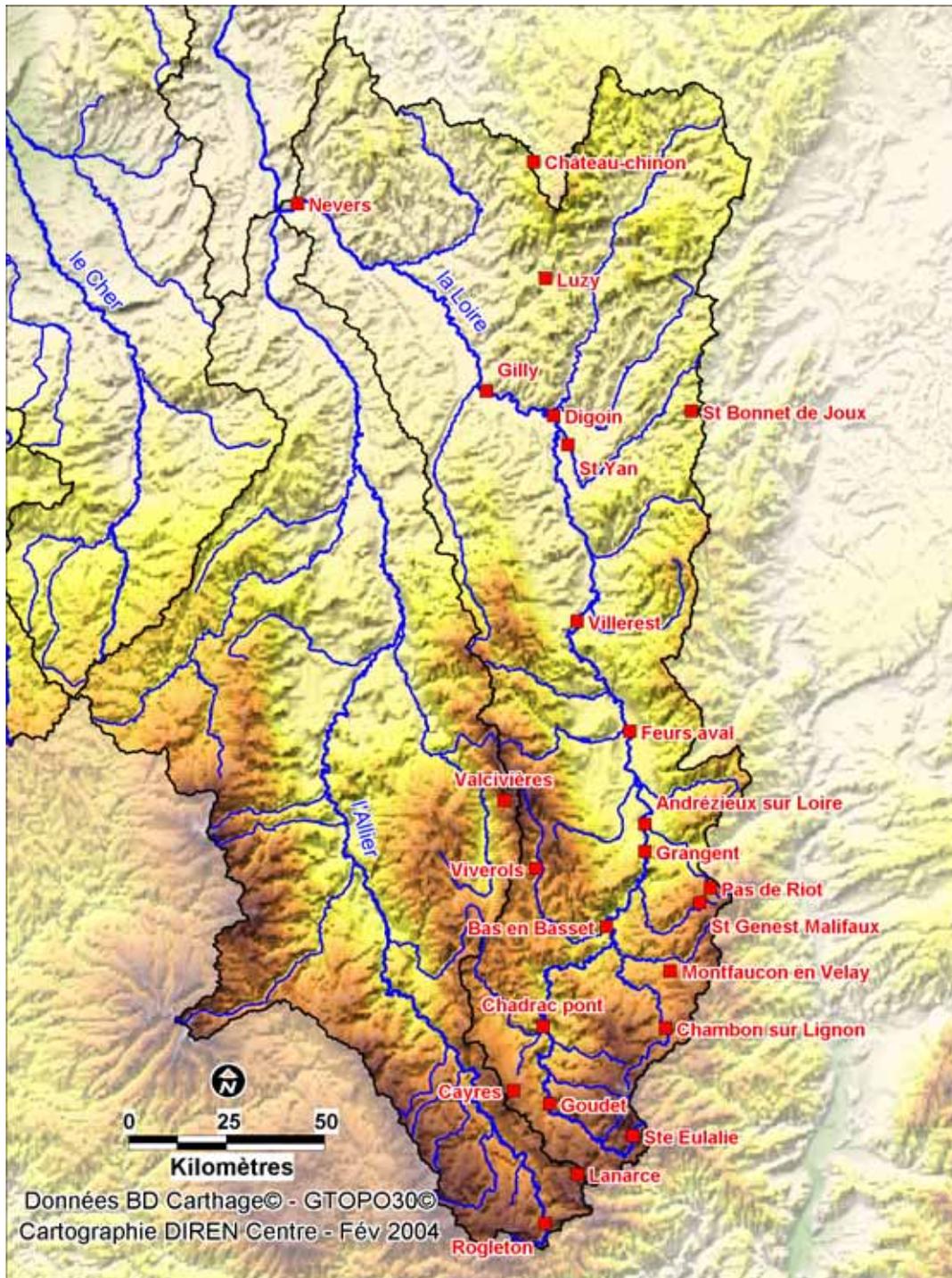
Crue de la Loire de décembre 2003 Premier bilan hydrologique en amont de Villerest

Attention, les données diffusées dans ce rapport sont des données brutes. Elles sont donc sujettes à modification lors de leur validation et ne sauraient engager la responsabilité de la DIREN Centre.

1	Précipitations.....	3
2	Débits	7
2.1	Loire amont	7
2.2	Ecrêtement par le barrage de Villerest.....	8
2.3	Loire bourguignonne.....	9
3	Moyens de surveillance et interventions humaines.....	10
3.1	Réseau Cristal	10
3.2	Jaugeages et courbes de tarage.....	11
3.3	Barrage de Villerest	13
3.4	Consignes de gestion en crue	13
3.5	Permanence au Centre de Gestion des Crues et des Etiages.....	14

Remarques importantes :

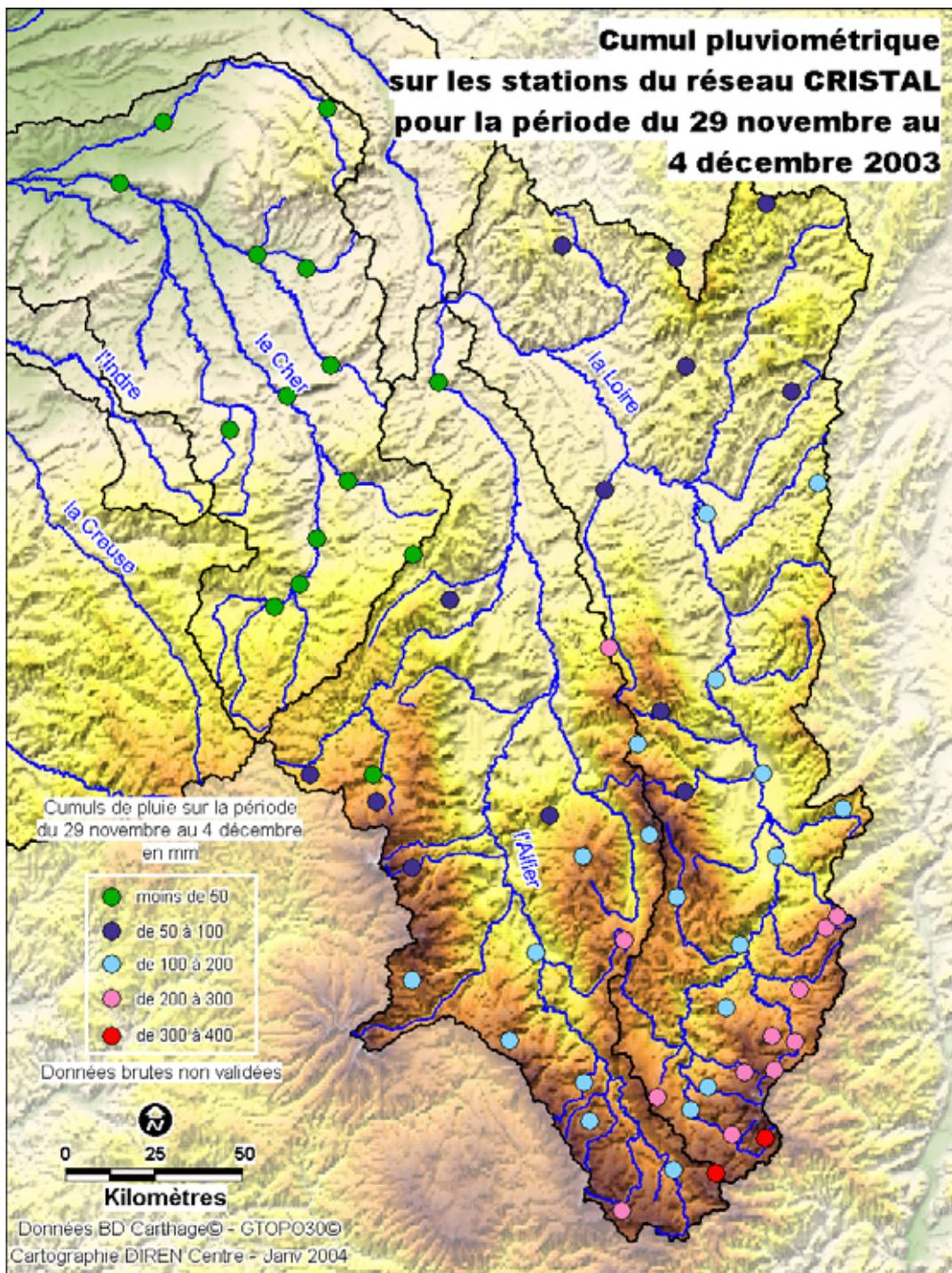
- Ce rapport présente les principales observations en amont du barrage de Villerest. Les observations concernant l'Allier et la Loire à l'aval du barrage font l'objet d'un autre rapport.
- Historiquement le niveau Zéro des échelles de référence correspondait au niveau des plus basses eaux. Cependant suite aux évolutions du lit des rivières, notamment les extractions de granulats, les niveaux sont en dessous de ces valeurs, d'où des hauteurs négatives à l'étiage. Ce niveau Zéro est propre à chaque échelle, et est différent en altitude absolue d'un site à l'autre.
- Les cotes d'alerte en crue sont définies pour chaque échelle d'annonce de crue en fonction des atteintes locales. Il n'y a pas de correspondance entre ces cotes d'une échelle à l'autre.
- En période de crue, la lecture des échelles en crue est rendue difficile par les oscillations rapides à la surface de l'eau. Les appareils de mesure effectuent donc une moyenne des mesures sur une période d'environ 30 secondes pour prendre uniquement en compte les variations importantes du niveau d'eau. Par conséquent, les hauteurs d'eau inscrites dans ce rapport peuvent être légèrement différentes des valeurs observées localement.



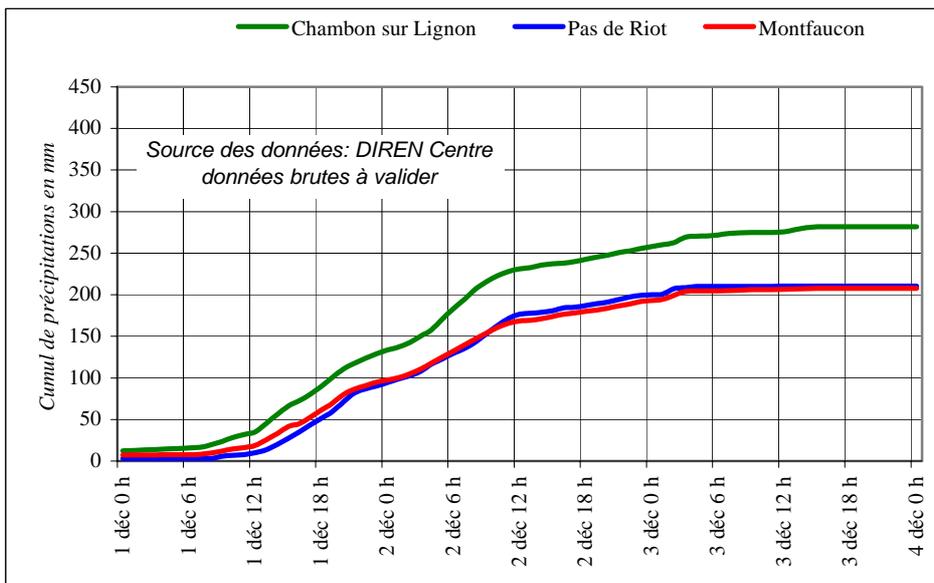
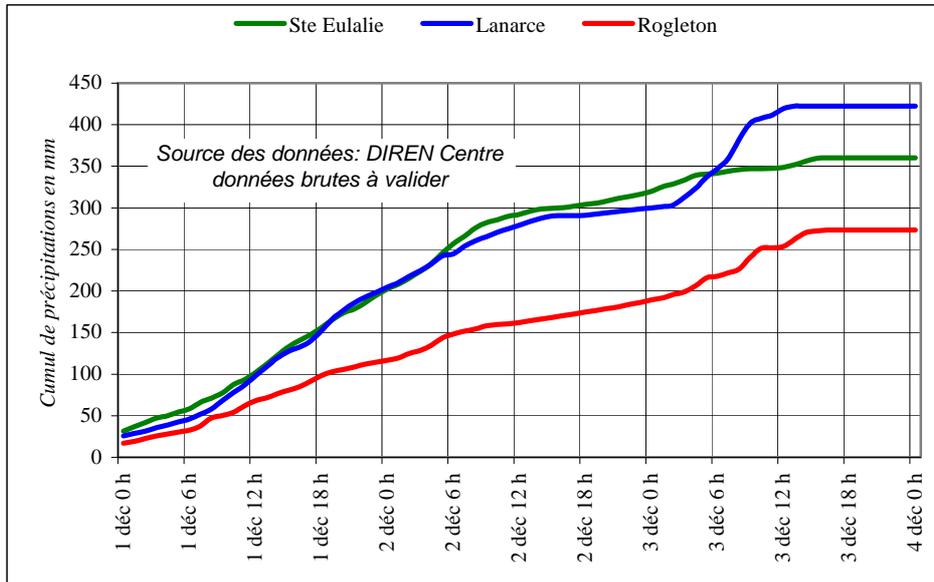
Carte des principales stations de mesure citées dans ce rapport

1 Précipitations

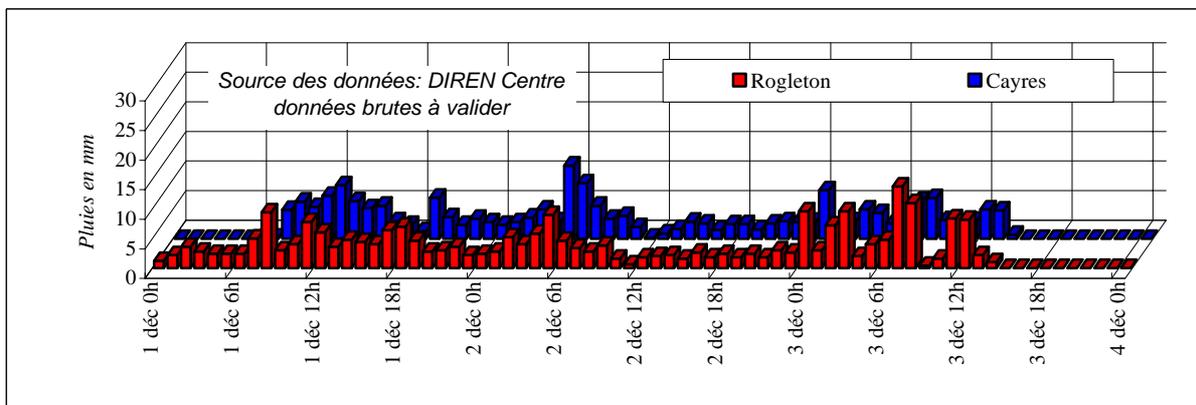
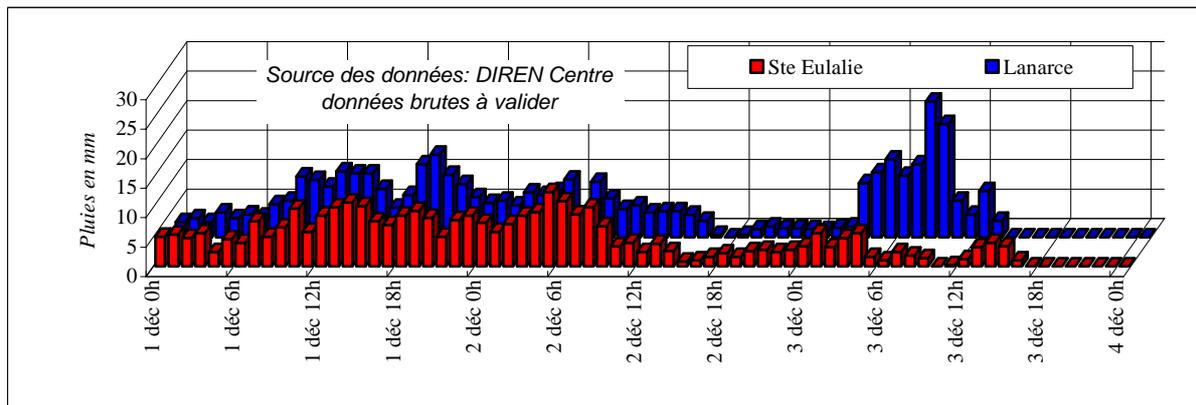
Un épisode de précipitations typiquement cévenoles de très forte intensité et de durée particulièrement longue a touché les hauts bassins de la Loire et de l'Allier. Cet épisode a débuté au cours de la nuit du dimanche 30 novembre au lundi 1^{er} décembre, et s'est prolongé jusqu'au milieu de la nuit du mardi 2 au mercredi 3 décembre. Des précipitations ont encore eu lieu jusqu'à la mi-journée du 3 décembre, mais principalement sous forme de neige, ne contribuant plus à renforcer la crue. Pour mémoire, il pleut en moyenne 600 mm par an à Paris et plus 1 000 mm dans le secteur des Cévennes.



Les cumuls de pluie les plus importants ont été enregistrés sur le Vivarais, le sud de la Margeride et le Pilat. En 48 heures consécutives et à compter du 1^{er} décembre, il est tombé 330 mm (ou litres au m²) à Lanarce, 290 à Ste Eulalie (source de la Loire), 250 à Chambon sur Lignon, 210 à Pas du Riot et 200 à la Bastide de Rogleton et Montfaucon en Velay.

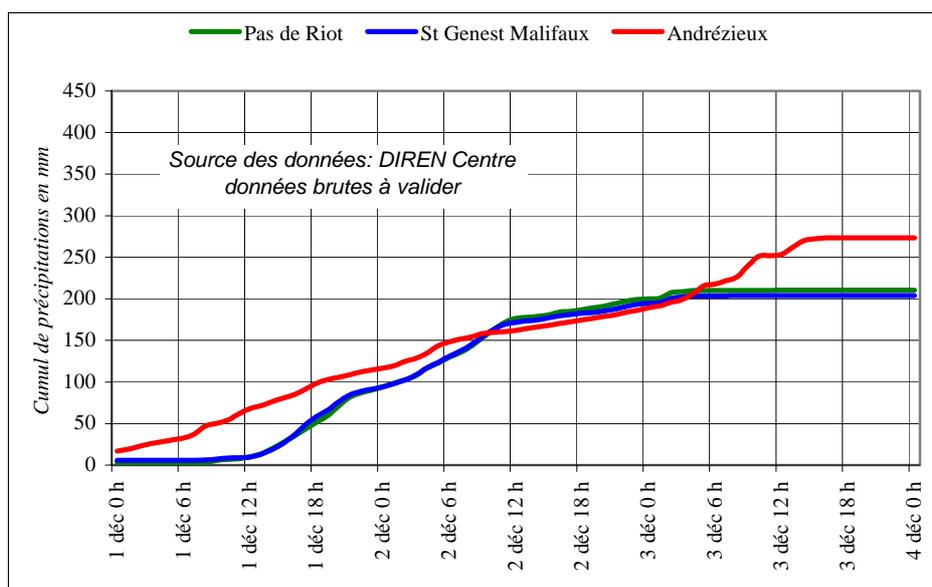


Les intensités horaires maximales ont atteint 23 mm à Lanarce, 14 à Rogleton, plus de 12 à Ste Eulalie et à Cayres.

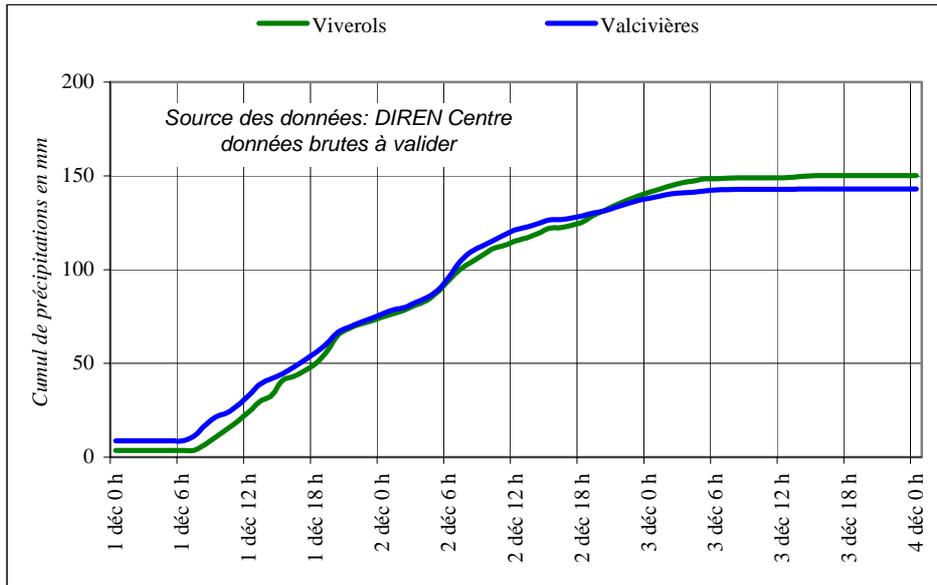


En 4 et 8 heures, on a noté 65 et 105 mm à Lanarce, 49 et 80 mm à Chambon sur Lignon, 42 et 74 mm à Ste Eulalie.

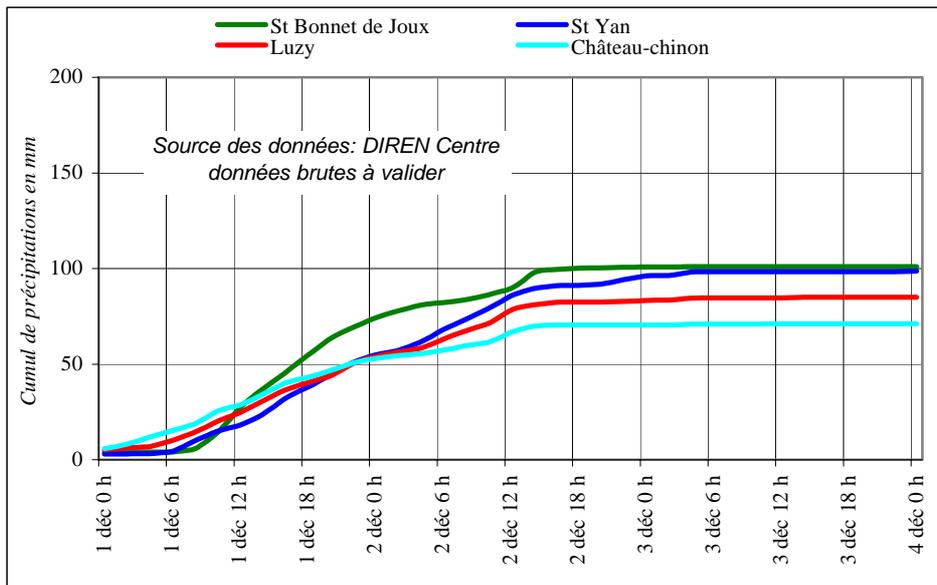
Les Monts du Lyonnais ont été bien arrosés avec des cumuls en 48 heures de 205 mm à Pas de Riot, 200 mm à St Genest Malifaux et 180 mm à Andrézieux.



Sur les Monts du Forez, on a enregistré en 48 heures 145 mm à Viverols et 135 mm à Valcivières.



Le Charollais avec 97 mm à St Bonnet de Joux et 95 à St Yan en 48 heures a été plus touché que le Morvan (78 mm à Luzy et 65 à Château-Chinon).

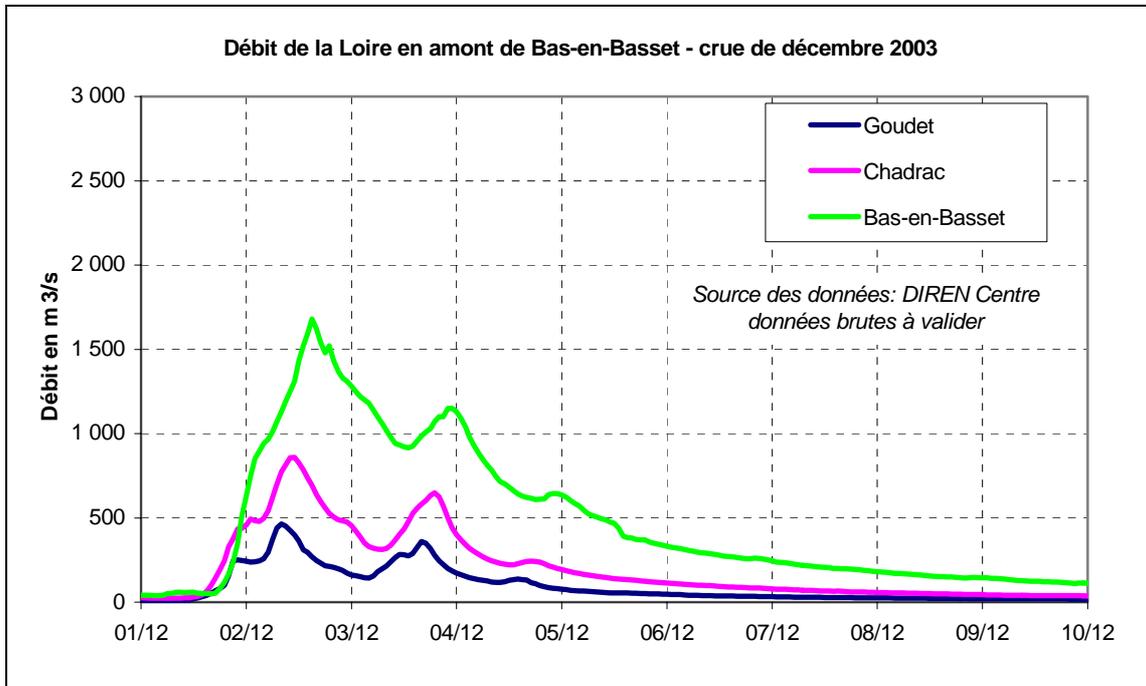


Débits

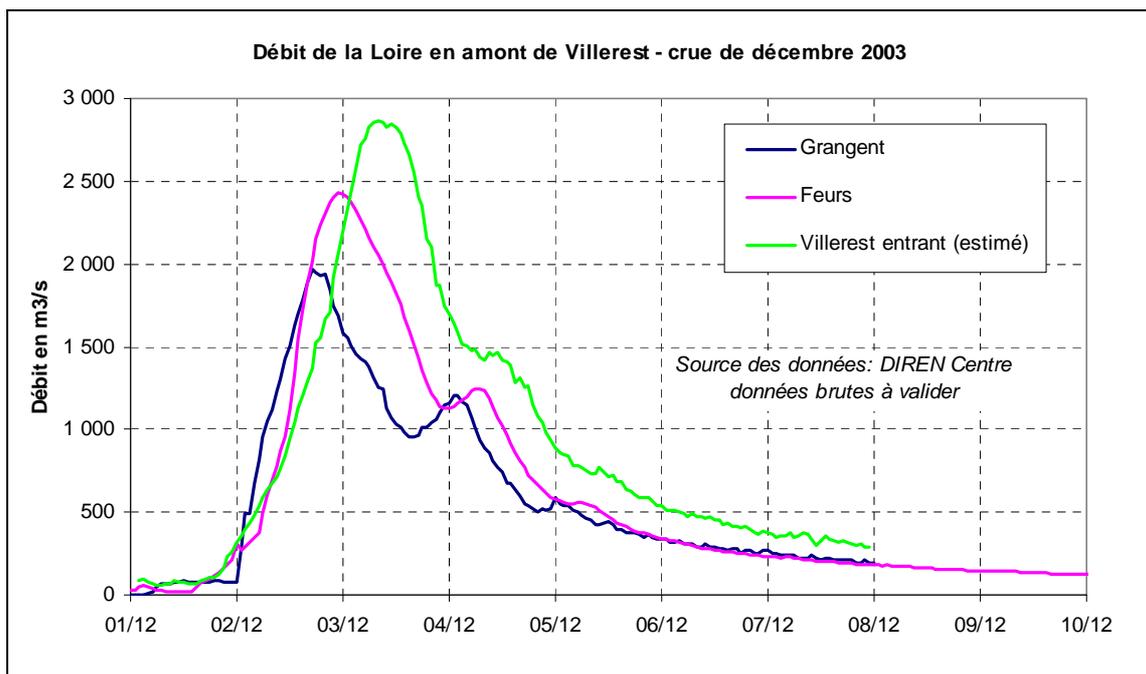
1.1 Loire amont

On a noté deux pointes de débit distinctes à Chadrac (Haute Loire), une première le mardi à la mi-journée et une seconde le mercredi en fin d'après-midi. Le débit s'est élevé à 850 m³/s sur la première et 650 m³/s sur la seconde.

Au niveau de Bas en Basset, le creux entre les deux pointes était beaucoup moins marqué, la première pointe s'élevant à 1 750 m³/s, la seconde à 900 m³/s.



A Feurs, le maximum est passé le 3 décembre entre 1 et 2 heures le matin avec plus de 2 400 m³/s. Les apports dans la retenue en aval de Feurs ont gonflé ce débit pour le porter à 2 800 m³/s à l'entrée au barrage, plus forte valeur enregistrée à Villerest depuis 1907.



1.2 Ecrêtement par le barrage de Villerest

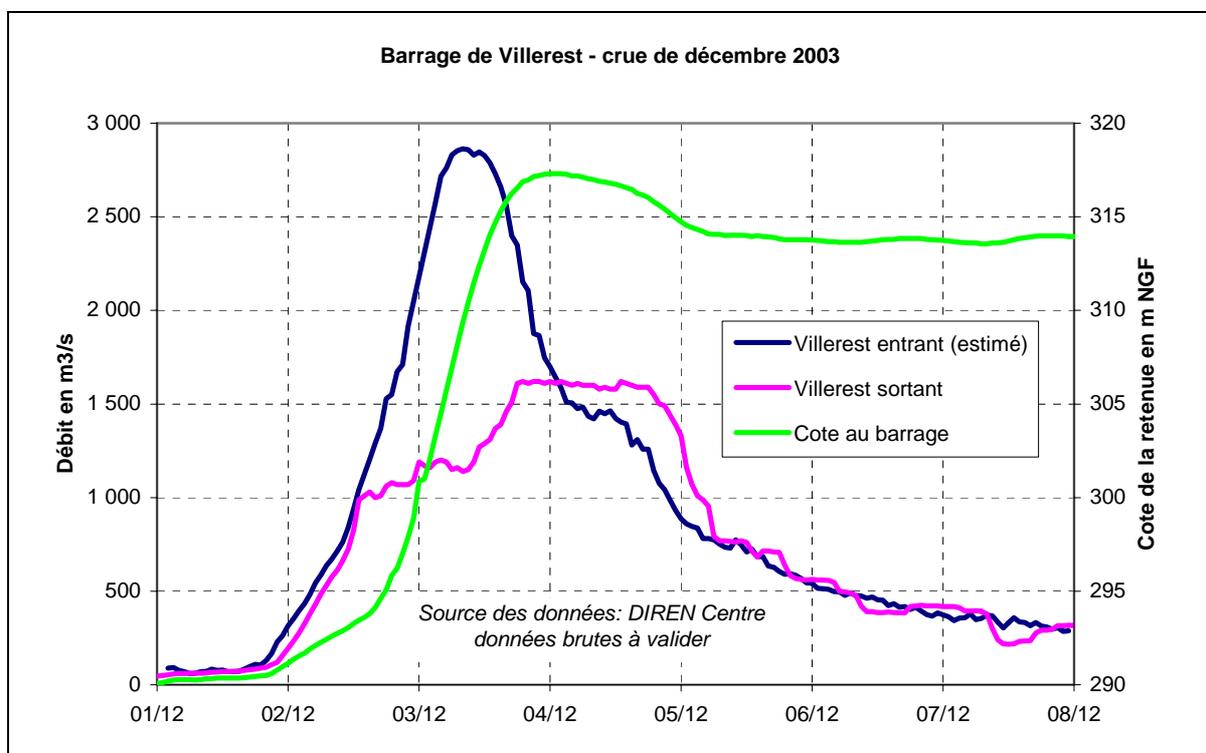
Le barrage de Villerest a écrêté cette crue de 2 800 à 1 600 m³/s, soit une diminution de 1 200 m³/s. L'effet de l'écrêtement a aussi retarder et allonger la pointe de crue à l'aval du barrage.

La retenue, fortement abaissée par un étiage très sévère, avait été conservée à cote basse pour effectuer des inspections et des travaux sur les vannes de demi-fond. La cote du plan d'eau était voisine de 290 m NGF avant l'événement (cote normale à cette période : 304 m NGF). Il n'y a donc pas eu de déstockage préalable en début de gestion de crue, le barrage ayant laissé transiter le débit entrant, sans intervention, jusqu'à environ 1 000 m³/s.

Au plus fort de l'écrêtement, la cote atteinte au barrage était de 317,3 m NGF le jeudi 4 décembre entre 1 heure et 3 heures du matin, soit un volume statique stocké d'environ 129 Mm³.

Le vendredi 5 décembre à 16 heures, la cote était redescendue en dessous de 314 m NGF, le débit sortant étant de 700 m³/s.

Le débit sortant du barrage est resté supérieur à 1 000 m³/s du mardi à 15 heures au vendredi à 4 heures.



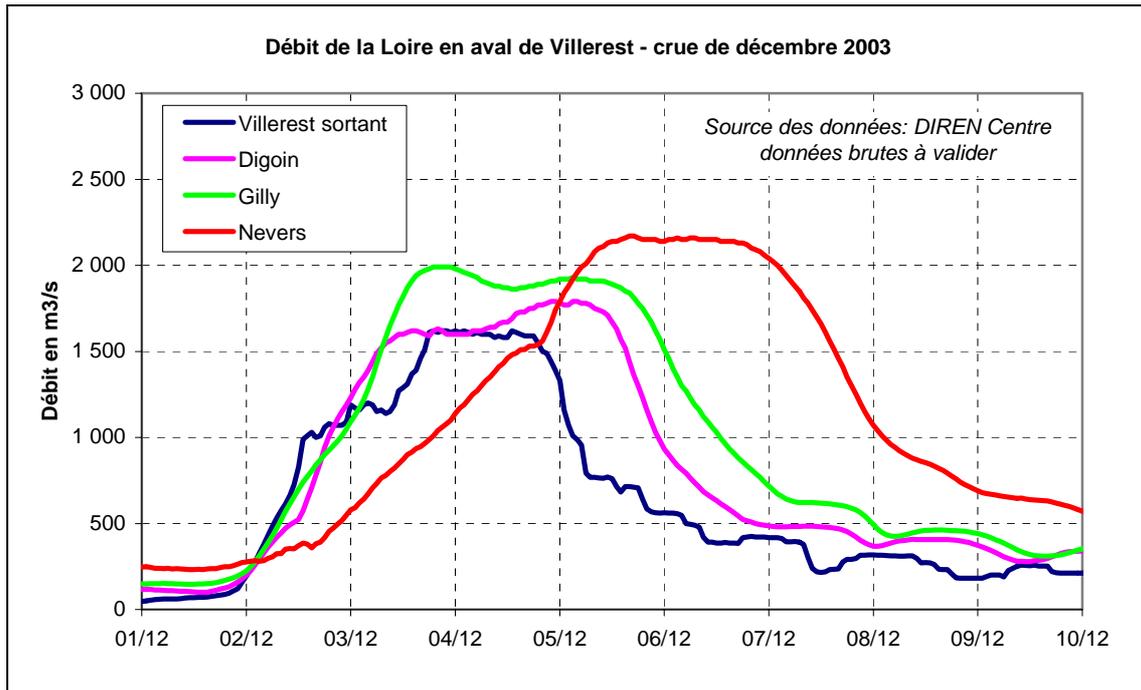
Il s'agit de la plus forte crue écrêtée par le barrage de Villerest depuis sa mise en service (en 1996 le débit entrant avait atteint 2 000 m³/s). L'utilisation de la réserve disponible dans la retenue a permis de réduire une crue de fréquence cinquantennale (2 % de chance de l'avoir tous les ans) à l'entrée de la retenue en une crue de fréquence quinquennale (20 % de chance de l'avoir tous les ans) à l'aval du barrage.

1.3 Loire bourguignonne

Sur la Loire Bourguignonne, à Digoin, après une première pointe de la Loire liée aux apports des affluents en aval de Villerest et au premier palier d'écroulement du barrage de Villerest, le débit s'est stabilisé autour de 1 800 m³/s.

A Gilly, les apports du Morvan ont renforcé la première pointe de crue, le débit atteignant alors presque 2 000 m³/s. Après une légère baisse, le débit est remonté pour se stabiliser autour de 1 900 m³/s.

En aval, la Loire a atteint progressivement son maximum à Nevers dans la nuit du 5 au 6 décembre (2 100 m³/s), suivi d'une période d'étalement d'environ 24 heures.



2 Moyens de surveillance et interventions humaines

2.1 Réseau Cristal

CRISTAL est un système de surveillance de la Loire et de ses affluents. Ce système d'acquisition, de transmission et de traitement des données hydrologiques est opérationnel depuis 1985. Il permet de connaître en permanence les hauteurs d'eau des rivières sur 180 points de mesure et les pluies sur 70 points situés principalement sur la Loire et ses affluents en amont de Tours, ainsi que sur le cours principal du fleuve jusqu'à Ancenis et sur l'ensemble du Bassin de la Maine.

Les informations circulent depuis les stations de mesure jusqu'à l'utilisateur de la donnée via un système décentralisé par transmission radio ou téléphonique.

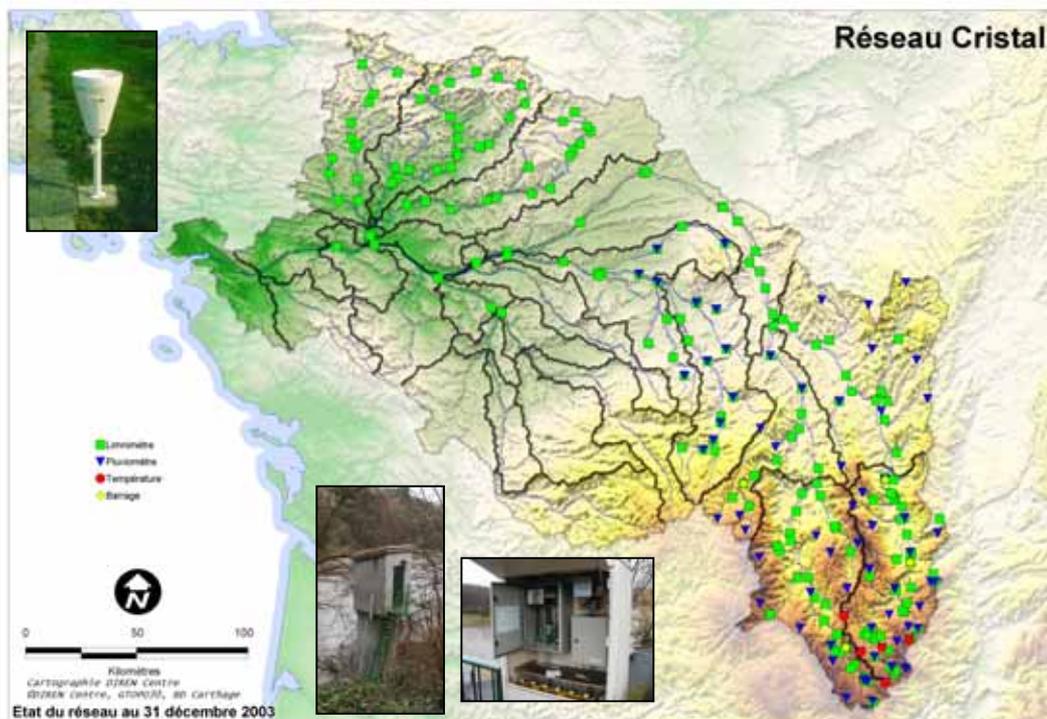
Les données fournies par le système CRISTAL sont accessibles et utilisées en temps réel par plusieurs services : le Centre de Gestion des Crues et des Etiages de la DIREN Centre d'Orléans (pour la gestion des barrages de Villerest et Naussac et l'annonce de crues sur la Loire Moyenne) et 8 centres ou services d'annonce de crues (le Puy, St Etienne, Clermont, Moulins, Nevers, Bourges, Le Mans et Angers).

La DIREN Centre assure la gestion et l'évolution du système et veille à son bon fonctionnement.

Cette mission est réalisée d'une part par le personnel de la DIREN mais également par des agents des DDE qui assurent la surveillance et l'entretien courant du réseau sur leur secteur respectif.

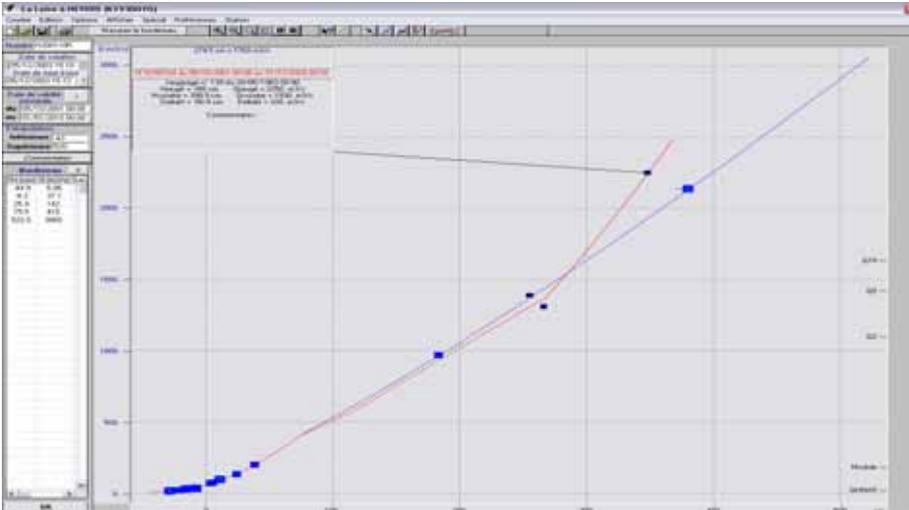
Le système CRISTAL a été récemment modernisé (densification du réseau amont et modernisation des stations les plus anciennes, extension au bassin de la Maine) dans le cadre d'une convention tripartite Etablissement Public Loire, Etat et Agence de l'Eau. Il est prévu l'extension du réseau, sous maîtrise d'ouvrage Etat, sur les bassins de la Vienne, de l'Indre et du Cher Aval en lieu et place du réseau existant.

Au 1^{er} janvier 2004, la gestion est sous maîtrise d'ouvrage de l'Etat, avec une participation financière de l'Etablissement Public Loire.



2.2 Jaugeages et courbes de tarage

Les stations d'observation du réseau enregistrent et télétransmettent les hauteurs d'eau en rivière. Les débits sont calculés à partir d'une abaque donnant la correspondance entre une hauteur et un débit. Cette abaque, ou courbe de tarage, est réalisée sur la base de mesures de terrain, appelées jaugeages.



Tarage de NEVERS

La courbe en rouge était appliquée avant le jaugeage du 5 déc 03 et s'appuyait sur celui du 20/5/1983 avec une hauteur de 348 cm pour 2250 m³/s.

Le 5/12/2003 il a été mesuré 2140 m³/s pour une hauteur de 380 cm.

Dès la communication de résultat du jaugeage calculé sur le terrain (fin de mesure à 14h55 calcul à 15h05), la courbe de tarage a été revue à 15h 12 et diffusée dans Cristal et donc disponible pour les SAC d'Orléans et de Nevers).

Le lit des rivières est en perpétuel évolution sous l'influence de facteurs naturels (végétation, érosion et dépôt de sédiments, ...) ou anthropiques (ouvrages de navigation, extractions de granulats, ...). Par conséquent pour un même débit, la hauteur d'eau à une station peut évoluer dans le temps. Les courbes de tarage doivent donc être constamment réactualisées.

Des niveaux d'eau aussi importants n'avaient pas été observés depuis au moins 1996 sur la Loire en amont de Villerest et depuis 1983 en aval. Or depuis 1983, le lit de la Loire est en forte évolution suite notamment à l'interdiction des extractions de granulats dans le lit mineur. Les équipes de jaugeurs du service de bassin de la DIREN Centre (soit 10 personnes) ont donc travaillé de jour comme de nuit pour réaliser le plus grand nombre de mesures possible sur la Loire et ses affluents, en essayant de suivre le maximum de la crue afin d'effectuer les mesures à l'instant le plus haut de la crue. Dans certains cas, il devient impossible d'effectuer ces mesures sans risques humains en raisons de vitesses trop importantes.



Jaugeage ADCP en bateau à Roanne, le 3 décembre 2003 vers 15h30
(© DIREN Centre – P. Lang)

C'est au final, plus de 35 jaugeages qui ont été réalisés durant cette crue. D'autres jaugeages ont été effectués par les services d'hydrométrie des autres DIREN du bassin.

Station	Rivière	Date	Maxi observé		Jaugeages	
			Hauteur (m)	Débit (m3/s)	Date	Débit (m3/s)
GOUDET	Loire	02/12 09:00	3.65	465	02/12 03:20	270
LA BESSEYERE	Gazeille	02/12 06:00	1.10	60	02/12 02:45	35
LES PANDRAUDS	Gagne	02/12 08:00	2.65	110	02/12 01:45	50
LA ROCHELAMBERT	Borne	02/12 12:30	2.15	70	01/12 23:00	20
					02/12 19:00	50
ESPALY	Borne	estimé	2.15	200	02/12 00:45	70
VALS	Dolaison	02/12 05:00	1.25	30	01/12 22:30	20
CHADRAC LOIRE	Loire	02/12 12:00	6.20	850	02/12 17:50	680
BAS EN BASSET	Loire	02/12 16:00	3.55	1 700	02/12 11:00	1 320
					02/12 21:00	1 500
FEURS aval	Loire	03/12 00:15	4.72	2 390	03/12 08:00	2 080
VILLEREST	Loire	04/12 14:40	6.37	1 590	03/12 13:30	1 250
					03/12 16:00	1 300
					04/12 10:00	1 470
DIGOIN	Loire	05/12 00:10	4.88	1 790	03/12 17:45	1 650
RIGNY SUR ARROUX	Arroux	03/12 05:50	1.78	260	03/12 23:00	240
GILLY	Loire	03/12 21:30	6.88	1 995	04/12 10:00	1 920
NEVERS 1	Loire	05/12 17:50	3.86	2 170	05/12 08:00	2 140
LEMPDES	Allagnon	03/12 20:00	2.19	420	03/12 20:00	
VIC LE COMTE	Allier	04/12 13:00	7.43	1 660	04/12 09:45	1 630
PONT DE LIMONS	Allier	05/12 04:00	3.53		04/12 18:00	
GIROUX DORE	Dore	03/12 01:30	2.92	190	04/12 12:15	165
DORAT	Dore	02/12 21:45	3.88	335	04/12 15:55	310
ST YORRE	Allier	05/12 06:30	5.45	1 680	05/12 08:50	1 670
CHATEL DE NEUVRE	Allier	05/12 19:30	2.92	1 410	04/12 18:00	1 200
MOULINS	Allier	06/12 02:40	2.27	1 570	06/12 02:00	1 570
GIVRY 1	Loire	06/12 22:10	4.90	3 370	06/12 16:00	3 260
GIEN Pont	Loire	08/12 02:20	5.03	3 360	06/12 21:00	2 450
					07/12 14:00	3 050
					07/12 23:30	3 300
ORLEANS Pont	Loire	08/12 20:00	3.75	3 240	08/12 18:00	3 220
					09/12 08:20	2 950
BLOIS	Loire	09/12 07:00	3.78	3 050	09/12 11:45	3 020
TOURS/LOIRE	Loire	09/12 21:00	3.45	3 000	09/12 22:20	3 040

La prévision des crues s'appuie principalement sur les débits. Par conséquent les modifications non mesurées de la relation hauteur-débit liés aux évolutions du lit de la rivière sont une source importante d'erreurs lors des prévisions. Les mesures réalisées et la mise à jour rapide des courbes de tarage ont donc permis d'affiner les prévisions au fur et à mesure de la propagation de la crue.

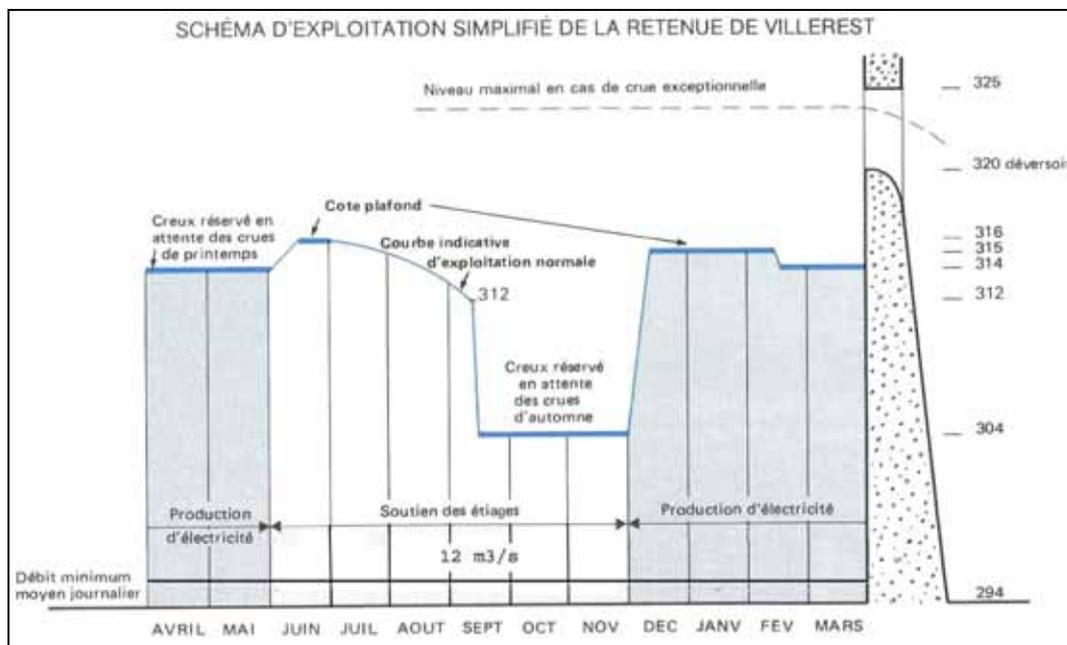
2.3 Barrage de Villerest

Le barrage de Villerest est un barrage poids sur la Loire à l'amont de Roanne. Construit de 1978 à 1984 par l'Institution Interdépartementale pour la Protection des Vals de Loire contre les Inondations, il a été transféré en 1985 à l'Etablissement Public Loire (EP Loire).

Il contrôle un bassin versant de 6 500 km². L'exploitation du barrage est prévue entre les cotes 285 et 324 m. La surface maximale occupée par la retenue est de 2 330 ha (cote 324m) pour une surface de 770 ha à la cote 316.

Le barrage de Villerest a deux fonctions principales :

- écrêtement des grandes crues : le barrage n'est jamais plein (cote maximale d'exploitation hors crue de 315.3 m, cote du déversoir de surface 320 m). Il dispose ainsi d'une réserve de capacité de 100 Mm³ (millions de m³) en permanence, et d'un « creux » additionnel de 65 Mm³ prévu pendant la période à risque majeur (15 Septembre-30 Novembre). Cf. Schéma d'exploitation simplifié en dehors des événements de crue. Il est le seul ouvrage de ce type à fonctionner pour l'écrêtement de crue sur le bassin de la Loire.



- alimentation en eau de la Loire à l'étiage. En début de période estivale, la retenue dispose d'une réserve de plus de 110 Mm³.

Une fonction secondaire est la production d'énergie électrique : le concessionnaire (EDF depuis la mise en service) dispose d'un marnage de 50 cm sous la cote maximale d'exploitation (voir diagramme d'exploitation de Villerest) pour la production d'électricité (débit maximal des deux groupes de l'usine 150 m³/s, surtout en période hivernale).

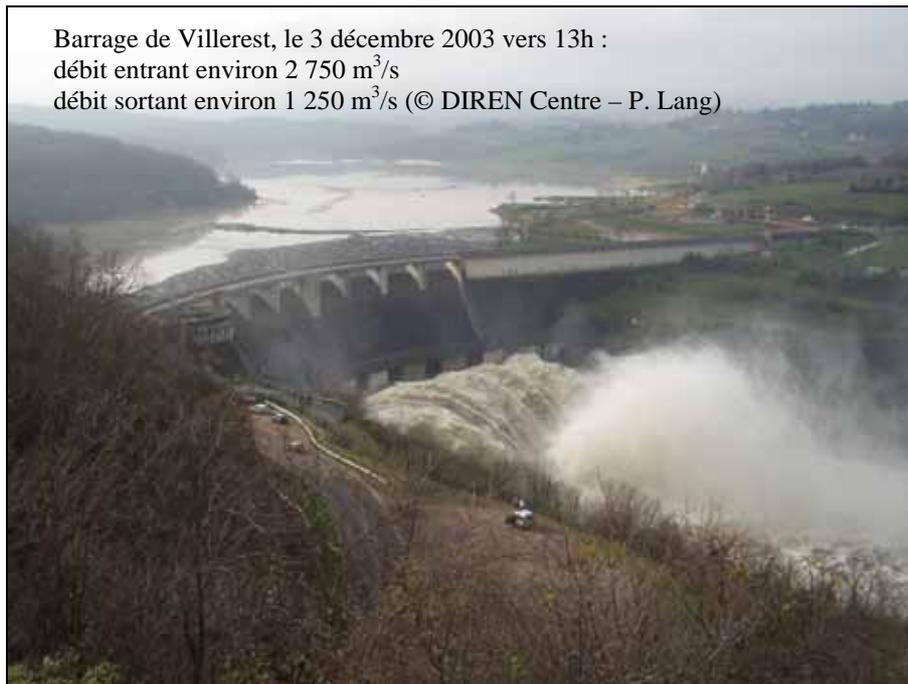
2.4 Consignes de gestion en crue

Les consignes de gestion du barrage de Villerest sont établies dans le cadre du règlement d'eau de l'ouvrage, par une équipe de prévisionnistes agissant pour le compte de l'établissement public (EP) Loire, d'astreinte 365 j/an (4 personnes se relaient dès les premières pluies significatives).

En crue, l'objectif est de définir une gestion active du barrage (lâchure préventive avant le pic de crue, débit sortant et niveau de la retenue contrôlés pendant la crue) pour permettre de réduire les conséquences de crue à l'aval sans aggraver les inondations à l'amont du barrage.

Ces consignes de gestion de crue sont actualisées toutes les deux heures pour tenir compte au mieux des évolutions hydrologiques. Elles sont établies au Centre de Gestion des Crues et des Etiages à la DIREN Centre (Orléans) à partir des données et alarmes collectées automatiquement et en temps réel par le réseau CRISTAL.

Elles sont transmises aux gestionnaires du barrage (EDF) pour mise en oeuvre. Les services d'annonce des crues sont informés régulièrement des prévisions de débits et des manœuvres du barrage.



2.5 Permanence au Centre de Gestion des Crues et des Etiages

L'alarme grave hydrologique entraînant l'état de Risque de Crue et l'intervention des prévisionnistes au Centre de Gestion des Crues et des Etiages a été déclenchée à 12 h 50 le 1^{er} décembre par le dépassement de seuil grave pluviométrique à Rogleton (62 mm en 24 h).

1er décembre 2003

La permanence allégée (une personne pendant cinq heures relayée une heure avant la fin de sa permanence par le prévisionniste suivant) est mise en place dès le déclenchement de l'alarme grave au Centre de Gestion des Crues et des Etiages (les pluies avaient débuté dans la nuit du 30 novembre au 1^{er} décembre).

Le passage de la permanence allégée à la permanence lourde (présence sur place de deux prévisionnistes) s'effectue après le cycle de 18 h, la prévision de débit à Bas en Basset étant de 580 m³/s.

L'état de CRUE est déclenché au cycle de 20 h suite à une prévision supérieure à 1 000 m³/s à Feurs.

2 décembre 2003

Passage du maximum de la crue à Bas en Basset vers 17 h (1 750 m³/s), à Grangent vers 18 h (près de 2 000 m³/s).

3 décembre 2003

Passage du maximum de la crue à Feurs vers 1 h (2 400 m³/s).

Gestion de l'état de CRUE, passage du maximum entrant au barrage de Villerest entre 6 h et 13 h (environ 2 800 m³/s).

4 décembre 2003

La cote maxi au barrage est atteinte entre 1 h et 3 h à 317,3 m NGF.

5 décembre 2003

A 8 h, Fin d'état de CRUE, passage en état NORMAL et fin de la permanence.