



# BARRAGES DE VERBOIS ET CHANCY-POUGNY ABAISSEMENTS DE MAI 2016

# TOME 1 : BILAN HYDRAULIQUE ET SÉDIMENTAIRE



Version finale - 28 avril 2017

Auteur : Seydina Diouf, SIG

# Tables des Matières

1	Ir	ntrod	luction	4
	1.1	C	Contexte général	4
	1.2	F	Planning prévisionnel des abaissements de mai 2016	5
2	D	raga	age préalable en amont du barrage de Verbois	8
3	В	ilan	hydraulique	. 10
	3.1		Décisions conduisant au report et à la remontée anticipée des opérations	. 10
	3.2	Е	Evolution des niveaux des retenues de Verbois et Chancy-Pougny	. 12
	3.3	E	Evolution du débit en aval de Chancy-Pougny	. 13
	3.4	E	Evolution du niveau du lac Léman	. 16
	3.5	F	Pilotage des opérations par SIG / SFMCP	. 18
4	N	lesu	re de la concentration en matières en suspension (MES)	. 20
	4.1	S	Stations de prélèvements	. 20
	4.2	Е	Evolution des concentrations en MES	. 21
	4.3	C	Calcul du bilan massique	. 23
5	R	ésul	tats des levés bathymétriques	. 25
	5.1	N	/léthodologie	. 25
	5.2	E	Etat bathymétrique avant-abaissement	. 25
	5.	.2.1	Retenue de Verbois	. 25
	5.	.2.2	Retenue de Chancy-Pougny	. 26
	5.3	Е	Etat bathymétrique après-abaissement	. 27
	5.	.3.1	Retenue de Verbois	. 27
	5.	.3.2	Retenue de Chancy-Pougny	. 27
	5.	.3.3	Volume sédimentaire transité en aval du barrage de Chancy-Pougny	. 28
6	С	omp	paraison avec les opérations précédentes	. 29
7	S	uivi	du glissement de Peney	. 32
8	S	ynth	rèse du bilan hydraulique et sédimentaire	. 33
9	R	ecoi	mmandations	. 35
11	<b>.</b>	۸nı	novos	27

# 1 Introduction

Ce rapport constitue le Tome 1 de l'évaluation des opérations d'abaissement organisées sur le Rhône genevois en mai 2016. Il est consacré au bilan hydraulique et sédimentaire. Le **bilan hydraulique** permet de décrire les évènements hydrologiques et hydrauliques qui se sont déroulés pendant l'opération, il analyse aussi les écarts par rapport au protocole d'abaissement prévisionnel. Le **bilan sédimentaire** permet d'évaluer les flux sédimentaires pendant les abaissements, puis la variation de stock de sédiments sur le Rhône genevois à la fin des opérations.

# 1.1 Contexte général

L'Arve transporte environ 700'000 m³/an de matières en suspension (MES). Une partie importante de ces sédiments s'accumule dans la retenue de Verbois ; le comblement moyen annuel de cette retenue est estimé à 360'000 m³/an. Un comblement trop important de la retenue de Verbois entrainerait un exhaussement des lignes d'eau et une augmentation du risque d'inondation de certains quartiers de la ville de Genève.

Un transfert des dépôts à l'aval des usines hydroélectriques genevoises était effectué entre 1945 et 2003 (20 opérations), grâce à des vidanges-chasses complètes organisées sur un rythme triennal par les Services industriels de Genève (SIG), exploitant du barrage de Verbois. Ces manœuvres se sont déroulées en coordination avec la Société des forces motrices de Chancy-Pougny (SFMCP) et la Compagnie Nationale du Rhône (CNR). La dernière vidange-chasse complète a eu lieu en juin 2012, après neuf années de comblement de la retenue de Verbois.

À la suite des opérations de juin 2012, à la demande des autorités françaises suite à l'enquête publique menée en 2011, un comité technique (COTECH) franco-suisse a été institué par le Conseil d'État genevois et le Préfet de Région Rhône-Alpes. Son objectif était de coordonner les études visant à aboutir à une gestion sédimentaire future optimisée entre les concessionnaires du Rhône genevois et du Haut-Rhône français.

Un nouveau scénario a été proposé conjointement par les exploitants du Rhône (SIG, SFMCP et CNR) et évalué dans le cadre d'une étude d'impact sur l'environnement transmise à la DREAL et à l'OFEN en mars 2015 (SFMCP) et une notice d'impact sur l'environnement transmise à la DGEAU en mai 2015 (SIG). Les 3 exploitants proposent de mettre en œuvre sur la période 2016-2026, une « gestion mixte » (scénario M), soit :

- Pour SIG, SFMCP et CNR, un accompagnement des crues d'Arve par le Léman afin d'augmenter le transit sédimentaire naturel;
- Pour SIG et SFMCP, un abaissement partiel triennal (fréquence maximale) de la retenue de Verbois et un accompagnement de celui-ci par le barrage de Chancy-Pougny, afin d'évacuer les sédiments accumulés dans la retenue de Verbois. Les exigences prescrites jusqu'à présent à la CNR par la DREAL en ce qui concerne les taux de MES conditionnent la réalisation des opérations pour les SIG et SFMCP. Pour CNR, ces opérations font l'objet d'un abaissement concomitant de la retenue de Génissiat ; les retenues des aménagements en aval sont abaissées et les Vieux-Rhône de Chautagne et de Belley sont fermés ;
- Le **dragage** par SIG des zones qui ne peuvent pas être érodées lors de l'abaissement partiel triennal, le dragage par SFMCP des zones de dépôts résiduels qui ne pourront pas être transférés de la retenue de Chancy-Pougny lors de l'accompagnement de cet abaissement partiel triennal.

Afin d'éviter une situation de comblement de la retenue de Verbois qui ne permet plus de maîtriser les taux de matières en suspension (MES), une première opération d'abaissement partiel

devait avoir lieu au printemps 2016. Celle-ci s'est ainsi déroulé à la fin du mois de mai et fait l'objet du présent rapport.

A la suite d'une procédure d'environ une année, comprenant une consultation administrative et une enquête publique sur le territoire français concerné par les opérations, les autorités franco-suisses ont accordé les **autorisations** suivantes :

# Pour SIG (barrage de Verbois) :

 Direction générale de l'eau du canton de Genève (DGEau): autorisation RAEI n°96 du 11 mars 2016

# Pour SFMCP (barrage de Chancy-Pougny) :

- Préfectures de l'Ain et de la Haute-Savoie : Arrêté d'approbation et d'autorisation du 16 mars 2016
- Préfectures de l'Ain et de la Haute-Savoie : Arrêté inter-préfectoral portant autorisation de destruction d'espèces protégées, du 16 mars 2016
- Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer : Arrêté portant dérogation à la protection des espèces, du 19 avril 2016
- Office fédéral de l'Energie (OFEN): approbation de la gestion sédimentaire sur le Rhône genevois par la centrale de Chancy-Pougny, du 1<sup>er</sup> octobre 2015

En ce qui concerne les abaissements des retenues, les différentes autorisations précisent que les opérations durent au maximum 12 jours. Elles doivent débuter au plus tôt le 15 mai et s'achever au plus tard le 10 juin, pour une périodicité pouvant varier de 3 à 4 ans. Les manœuvres programmées par les exploitants au mois de mai 2016 ont en outre été autorisées.

# 1.2 Planning prévisionnel des abaissements de mai 2016

Le protocole et planning prévisionnels des opérations de mai 2016 sont résumés ci-dessous.

La retenue de Génissiat est abaissée 1.5 jours (jour J-1 à 0h) avant les retenues de Verbois et Chancy-Pougny, afin de se situer à la cote de 305-315 msm au début de l'abaissement des retenues de Verbois et Chancy-Pougny (jour J à 12h).

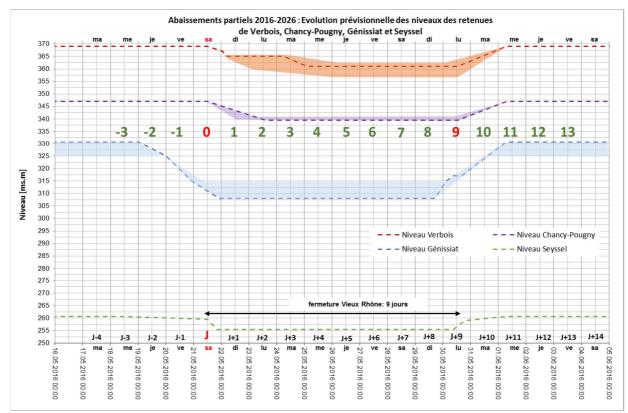


Figure 1 : Coordination des opérations entre Verbois, Chancy-Pougny et Génissiat

Les retenues de Verbois et Chancy-Pougny seront abaissées à partir du jour J à 12h (**20 mai 2016** à **12 heures**, pour les opérations de 2016). Le niveau en amont des barrages de Verbois et Chancy-Pougny doivent rester dans l'enveloppe indiquée (respectivement en rouge et violet).

Concernant la retenue de Verbois, l'abaissement sera limité à 357.00 msm (niveau amont barrage).

- L'abaissement de 369 à 367 msm s'effectue à une vitesse de 15 cm/h
- L'abaissement de 367 à 365 msm s'effectue à une vitesse de 56 cm/h
- Ensuite, l'abaissement se fera à une vitesse de 20 cm/h

Concernant la retenue de Chancy-Pougny, la vitesse d'abaissement est constante pendant toute la durée de l'opération : 15 cm/h. L'abaissement de la retenue de Chancy-Pougny est complet.

A J+9, 12h (29 mai 2016 à 12 heures), il est prévu de remonter de manière concomitante les retenues de Verbois, Chancy-Pougny et Génissiat. Le volume d'eau disponible sera partagé entre les différents ouvrages afin de permettre un retour à l'exploitation des usines concomitant. Cette remontée nécessite une durée d'environ 42 heures. Il est prévu que les retenues de Verbois et de Chancy-Pougny retrouvent leur cote d'exploitation normale à **J+11, 6h (mardi 31 mai, vers 6 heures).** 

La durée totale prévisionnelle de l'opération est de 10.8 jours, soit du vendredi 20 mai, 12h au mardi 31 mai, 6h. Un report de l'opération (maximum 7 jours) est prévu en cas d'hydrologie défavorable.

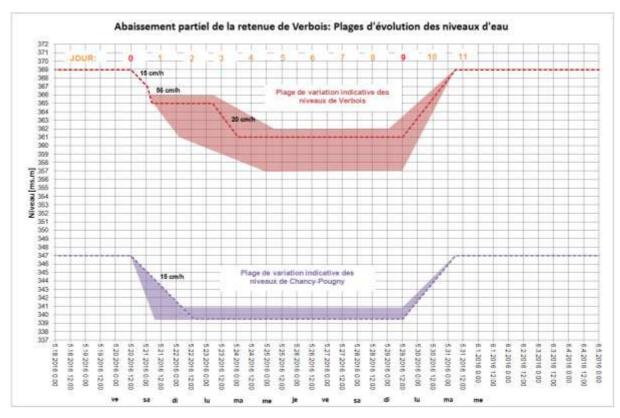


Figure 2 : Evolution prévisionnelle des lignes d'eau des retenues de Verbois et Chancy-Pougny

# 2 Dragage préalable en amont du barrage de Verbois

Au cours de la vidange de 2012, une quantité importante de sédiments s'est accumulée sur le radier en amont direct de l'usine de Verbois. Une partie de ces sédiments s'était introduite dans les bâches des 4 turbines, avec obstruction des distributeurs. Cet imprévu avait engendré un retard dans le démarrage des groupes après la vidange 2012. Cette expérience a ainsi été prise en considération dans le cadre de l'organisation de l'opération d'abaissement prévue en mai 2016.

Une étude hydraulique et géotechnique a été menée par le bureau Aquavision à partir de la bathymétrie avant abaissement 2016. Cette étude a montré que le risque de fluage/glissement des matériaux était similaire à celui de 2012. Un dragage préalable de ces matériaux a ainsi été confié à l'entreprise Hydro-Exploitation afin de stabiliser le talus et ainsi limiter l'introduction des sédiments dans les bâches des turbines et permettre la reprise de la production de l'usine de Verbois, dès la fin des opérations d'abaissement.

L'objectif était de créer un **profil d'équilibre du tas de sédiments**, afin que celui-ci ne soit pas amené à fluer lors de l'abaissement (déplacement engendré par les forces de percolation lorsque les sédiments ne sont plus saturés en eau). Le volume de sédiments à extraire était de 6'000 m³, ceci afin d'obtenir une pente de talus de 8° (selon recommandation Aquavision), voir zone d'extraction théorique ci-dessous.

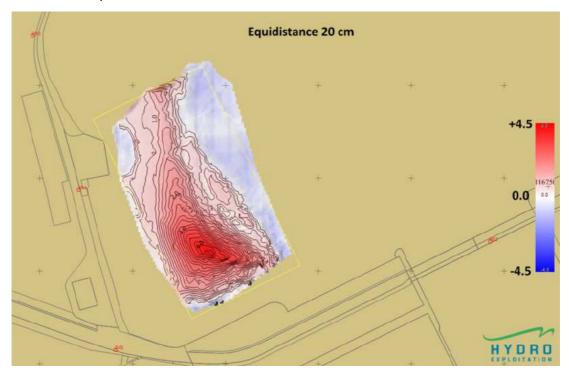


Figure 3 : zone d'extraction théorique, en amont des groupes du barrage de Verbois

La technique choisie a été la mise en suspension des sédiments par pompage et un transfert à l'aval via le canal à détritus de dégrillage. La quantification du volume extrait et la morphologie du talus ont été estimées sur la base de relevés bathymétriques effectués avant et après la phase de pompage.

Les travaux de dragage se sont déroulés du 30 mars au 2 mai 2016; le rapport de Hydro Exploitation est fourni à l'annexe 1 de ce rapport. L'objectif d'un dragage de 6000 m³ n'a pas pu être atteint, du fait de la forte cohésion des matériaux. Le volume extrait est estimé à 2'600 m³.





Figure 4 : installations de dragage, photos Hydro Exploitation

Lors de l'abaissement, le talus est resté stable et aucun matériau en provenance de ce talus ne semble s'être accumulé dans les passes des groupes.



Figure 5 : zone de dragage exondée, visible lors de l'abaissement de la retenue de Verbois

Afin d'examiner l'évolution du passage des sédiments par les prises d'eau ainsi que le niveau d'ensablement au droit des groupes de turbinage, Hydro Exploitation a également été mandaté pour effectuer des mesures par imagerie acoustique dans les prises d'eau. Les images ont permis de s'assurer que les dépôts des matières engendrées par l'abaissement n'ont pas entravé le bon fonctionnement des installations.

# 3 Bilan hydraulique

# 3.1 Décisions conduisant au report et à la remontée anticipée des opérations

Le planning des opérations prévoyait le début de l'abaissement de Génissiat le jeudi 19 mai, 0h00. Les abaissements de Verbois et Chancy-Pougny devaient démarrer le vendredi 20 mai, 12h00. Le démarrage des opérations devait être confirmé en fonction des bulletins hydrométéorologiques établis à partir du lundi 16 mai. A partir du 16 mai, des comités de pilotage franco-suisses se sont tenus tous les jours à 18h00.

Les conditions hydrométéorologiques défavorables observées pendant toute la durée des opérations ont nécessité un suivi continu des prévisions d'apports hydrologiques des différents affluents du Rhône. Ces conditions défavorables ont conduit les exploitant à prendre des décisions, validées par le comité de pilotage franco-suisse, conduisant à un report des opérations de 24 h, puis à une remontée anticipée (d'environ 24 h) des aménagements.

#### Décisions du 16 mai 2016

Le bulletin météo de la CNR prévoit un temps assez calme jusqu'à mercredi 18 mai matin. Un changement est attendu en 2ème partie de journée avec des précipitations sur le Jura et les Alpes du Nord. Arrivée d'une dégradation active qui va passer du Jura vers les Alpes du Nord. La limite pluie-neige (LPN) assez haute peut provoquer une fusion nivale avec exhaussement des débits. Cette dégradation sera suivie d'une accalmie entre le 20 et 22/05 puis de nouvelles précipitations sont annoncées moins fortes sur les 22 et 23/05 mais dont les effets sur des sols détrempés sont encore incertains.

Une réaction des affluents est attendue le jeudi 19/05 dont l'intensité n'est pas très précise à ce jour : Arve entre 170 et 200 m $^3$ /s, Valserine de l'ordre de 70 m $^3$ /s, Usses autour de 20 m $^3$ /s et Fier autour de 150 m $^3$ /s.

L'abaissement de la retenue de Génissiat génère un sur débit de 200 m³/s environ. Compte tenu des apports des affluents, de ce sur-débit, et sur la base d'un débit sortant Seujet de 100 m³/s, le débit entrant Chautagne atteindrait 740 m³/s ce qui est supérieur à la capacité maximum de l'usine d'Anglefort et qui déclenche l'ouverture du barrage de Motz et les déversés dans le vieux Rhône de Chautagne. (Rappel : capacité usine Anglefort abaissée : 600 m³/s, non abaissée : 700 m³/s).

A ce stade, les feux sont considérés à l'orange. Rien ne permet ce jour, de décider du report de l'opération ni d'avoir la certitude que l'opération pourra bien démarrer le 19/05. Les bulletins de mardi et mercredi permettront de lever cette incertitude. Si ces hypothèses de débit se confirment, les exploitants informent leur autorité qu'ils demanderont un report du démarrage de 24h.

#### Décisions du 17 mai 2016

Le bulletin hydrométéorologique CNR du 17/05 confirme la dégradation pluvieuse annoncée la veille entre mercredi et jeudi 19/05 et la valeur des débits des différents affluents. Le total des débits des affluents y compris les sur débits liés aux abaissements des retenues est estimé entre 650 et 700 m³/s. Cette valeur est au-delà de la capacité max de l'usine d'Anglefort de 600 m³/s à cote abaissée (Chute de Chautagne). **CNR demande donc, le report de l'opération d'un jour avec un démarrage côté français le 20/05 00h et coté suisse le 21/05 12h.** SIG pense raisonnable de différer le démarrage des opérations de 24h et souhaite indiquer le plus en amont possible le report à ses parties prenantes et équipes internes SIG.

Pour les jours à venir : une nouvelle perturbation est annoncée entre dimanche 22/05 et lundi 23/05 dont on ne sait encore prévoir les débits qui peuvent être variables selon le niveau de saturation

des sols. Néanmoins, les retenues suisses et françaises étant abaissées, il n'y a plus de sur débits qui viennent s'ajouter aux débits des affluents. Dans ces conditions, il parait plus aisé de gérer cet épisode pluvieux.

## Décisions du 18 mai 2016

Le bulletin confirme la perturbation dans la nuit de mercredi 18/05 à jeudi 19/05 sur les Alpes, engendrant une hausse des débits dans la journée du 19/05. De fréquentes averses résiduelles sont attendues sur l'ensemble du Haut-Rhône le 19/05, avec limite pluie neige à 1600 m.

Le 19/05, Arve en pointe à 170/200 m³/s, Valserine 60/90 m³/s, Usses à la baisse avec 15/25 m³/s, Fier 160/180 m³/s. Le bulletin confirme les débits annoncés la veille, ce qui conforte la demande de report conjointe SIG-CNR.

Pour la journée du vendredi 20/05: débits encore soutenus avec Arve en baisse de 150 à 110 m³/s, Valserine en baisse de 30 à 10 m³/s, Usses en baisse à 5 m³/s, Fier en baisse de 110 à 60 m³/s. Pour rappel, les débits moyens mensuels sur les affluents sont : Arve à 90 m³/s, Valserine à 8 m³/s, Usses à 2 m³/s, Fier à 35 m³/s.

#### Décisions du 19 mai 2016

Au cours de la nuit dernière, précipitations marquées avec réaction des affluents conformes aux prévisions et pointe de débit sur l'Arve à 180 m<sup>3</sup>/s qui a commencé sa décrue. Les autres affluents n'ont pas encore amorcé leur décrue suite au régime d'averses observées dans la journée.

Confirmation de l'accalmie pour vendredi à samedi avec mise en place d'une fusion nivale samedi et dimanche compris susceptible d'engendrer une baisse des affluents moins rapide que prévue.

Concernant l'épisode du dimanche 22/05 et lundi 23/05, les modèles mathématiques ne sont pas encore très stables. L'intensité de l'épisode serait équivalente à celle de cette nuit mais dans une température ambiante plus élevée et des pointes de débits potentiellement plus marquées.

CNR et SIG estiment avoir une fenêtre de tir favorable pour déclencher l'abaissement de leurs retenues avant de voir arriver le prochain coup d'eau annoncé entre 22 et 23/05. Pour ce 2ème épisode, les exploitants auraient alors plus de marge de manœuvre en l'absence des surdébits dus aux abaissements des retenues.

Le DETA et DREAL actent le démarrage des opérations le 20/05 00h côté français et samedi 21/05 12h côté suisse. La fin des opérations d'abaissement est prévue pour le mercredi 1<sup>er</sup> juin au matin.

#### Décisions du 27 mai 2016

Les prévisions hydrométéorologiques du 27/05 sont encore incertaines surtout pour la fin de journée et des instabilités sont annoncées avec le développement de nombreuses averses mêlées d'orages au cours de la nuit du dimanche 29/05 au lundi 30/05. La limite pluie/neige s'annonce élevée, vers 2600/2700 mètres. Les réactions hydrologiques des affluents du Rhône sont attendues pour la nuit du dimanche au lundi (pic de crue en cours de nuit) :

- ARVE : vers 150/180 m³/s le matin, en hausse l'après-midi et le soir jusqu'à 300 m³/s. La pointe est annoncée vers 24h.
- VALSERINE: vers 10 m³/s le matin puis en hausse l'après-midi et le soir jusqu'à environ 80 m³/s.

- USSES: en hausse le matin vers 4 puis 5/10 m³/s dans l'après-midi. La pointe devrait atteindre autour de 30 m³/s dans la nuit du dimanche à lundi.
- FIER: vers 60/70 m³/s le matin, puis en hausse en fin d'après-midi et soirée pour atteindre 200/250 m³/s dans la nuit du dimanche au lundi.

Etant données ces conditions hydrométéorologiques défavorables, et dans le l'objectif de ne pas dépasser le débit du Rhône à Chautagne de 600 m³/s, les exploitants conviennent de remonter leurs retenues de façon concomitante aux alentours de dimanche 29/05 12h, soit de manière anticipée d'environ 24 heures par rapport au planning prévisionnel.

Le début de remontée des retenues est envisagé le dimanche 29/05 00h00 pour Chautagne, 10h00 pour Seyssel et 12h00 pour Génissiat, Verbois et Chancy-Pougny.

# 3.2 Evolution des niveaux des retenues de Verbois et Chancy-Pougny

Les opérations sur le Rhône genevois, et en particulier sur Verbois et Chancy-Pougny, se sont déroulées du samedi 21 mai à 12h00 (report de 24 h) au mardi 31 mai à 6h00, soit sur une durée de 9 jours et 18 heures.

Le graphique ci-dessous compare les courbes réelles (traits épais) et prévisionnelles, compte-tenu d'un report du démarrage de 24 heures (traits fins) :

- de l'évolution du niveau de la retenue de Verbois (courbes rouges)
- de l'évolution du niveau de la retenue de Chancy-Pougny (courbes violettes)

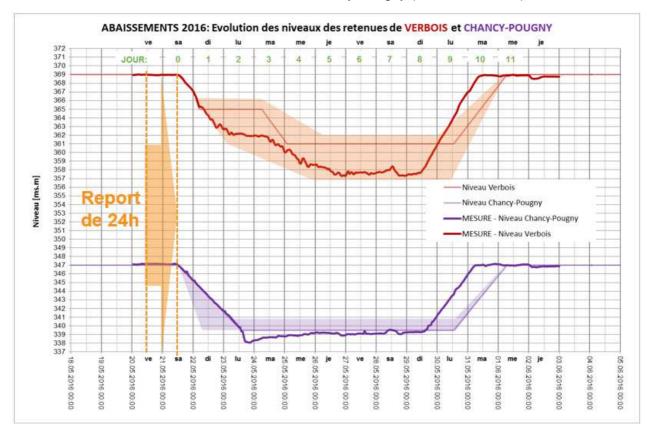


Figure 6 : Evolution réelle des niveaux (amont Verbois et amont Chancy-Pougny)

Comme discuté plus haut, pour des raisons hydrologiques susceptibles de provoquer des conséquences environnementales et réglementaires (déversement dans le Vieux-Rhône de Chautagne), la remontée des retenues de Verbois et Chancy-Pougny a été anticipée de 24 heures.

Le niveau de la retenue de Verbois (au barrage de Verbois) est resté dans l'enveloppe prévue (jusqu'à -12 mètres par rapport à la cote d'exploitation normale de 369 msm). Alors que la consigne d'exploitation prévoyait un maintien de la retenue à la cote d'environ 365 msm (-4 mètres) entre les 22 et 23 mai, il a été nécessaire d'abaisser la retenue d'une manière plus importante dans l'objectif de démarrer le déstockage sédimentaire de la retenue de Verbois. Au cours de cette période, la concentration en MES est néanmoins restée en-dessous de 3 g/l. La nécessité de réduire le débit sortant de Chancy-Pougny (voir ci-après) est également un facteur complémentaire n'ayant probablement pas permis d'atteindre la vitesse critique d'érosion dans la retenue de Verbois.

La retenue de Chancy-Pougny était, comme prévu, totalement abaissée (en écoulement libre). Il faut noter que les niveaux prévisionnels en amont des barrages de Verbois et Chancy-Pougny ont été établis pour un débit de l'ordre de 500-550 m³/s. A des débits inférieurs, il est donc logique que niveau d'eau en amont de Chancy-Pougny se situe en dessous de l'enveloppe, du 23 au 25 mai en particulier.

Pour rappel, le protocole d'abaissement de la retenue de Verbois pour les opérations 2016-2026 prévoyait un abaissement lent et partiel de la retenue de Verbois, afin de maitriser les concentrations de matières en suspension. Le graphique ci-dessous montre la comparaison avec les vidanges complètes triennales effectuées entre 1945 et 2003.

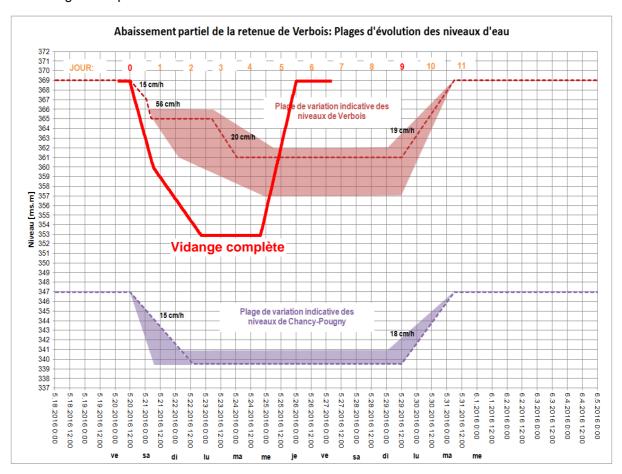


Figure 7 : Comparaison avec le protocole d'abaissement lors des vidanges complètes de Verbois

# 3.3 Evolution du débit en aval de Chancy-Pougny

La consigne des opérations permettait à SIG et SFMCP d'assurer un débit sortant de Pougny de 550 m³/s, cela en faisant l'hypothèse que le débit cumulé des affluents côté français en amont de

Chautagne (Fier, Usses, Valserine) ne s'écarte pas d'une manière significative de sa valeur moyenne en cette période de l'année. Le Guiers se situe en aval de Chautagne.

La fenêtre calendaire de l'autorisation décennale allant du 15 mai au 10 juin (à cheval sur les 2 mois), les débits statistiques moyens des affluents du Rhône ont été pris en compte pour les mois de mai et juin (données CNR) :

Affluents du Haut- Rhône	Débit statistique moyen en mai	Débit statistique moyen en juin	Débit moyen opérations 2016
Arve	112 m³/s	124 m³/s	158 m³/s
Valserine	17 m³/s	8 m³/s	29 m³/s
Usses	3 m³/s	2 m³/s	7 m³/s
Fier	55 m³/s	35 m³/s	95 m³/s
Guiers	20 m³/s	20 m³/s	45 m³/s
Valserine+Usses+Fier	75 m³/s	45 m³/s	131 m³/s

Avec un maximum de 550 m³/s à Pougny, le débit statistique moyen entrant dans l'aménagement de Chautagne est de 625 m³/s en mai et 595 m³/s en juin. La moyenne des mois de mai et juin est à 610 m³/s entrant dans l'aménagement de Chautagne, auquel il faut retrancher environ 10 m³/s qui transitent par le Vieux-Rhône de Chautagne. La capacité maximum de 600 m³/s à l'usine de Chautagne impose donc un maximum de 550 m³/s à Pougny, en cas d'apports moyens.

Le débit total des affluents concernés (Valserine, Usses, Fier) a été plus importante (+70 m³/s) que la moyenne attendue (voir également graphique ci-dessous). Etant donnée la **contrainte de ne pas dépasser 600 m³/s à Chautagne** afin de ne pas déverser dans le Vieux-Rhône, le débit sortant à Pougny a dû être réduit sur la quasi-totalité de l'opération. **Cette limitation du débit à Pougny a été nécessaire pour permettre à l'ensemble des opérateurs du Rhône de poursuivre les opérations** de gestion sédimentaire.

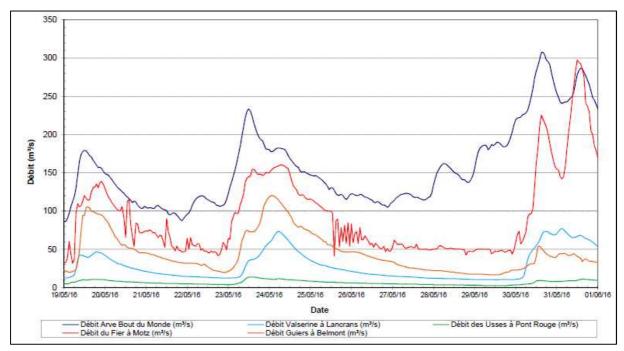


Figure 8 : Evolution du débit des affluents du Rhône (Arve, Fier, Valserine, Guiers, Usses) pendant les opérations (données CNR)

Le graphique ci-après montre l'évolution des débits de l'Arve, du Seujet (sortie du Léman, en rouge) et en aval de Chancy (courbe en violet). En comparaison, le débit-objectif à Pougny défini dans le protocole d'abaissement est également indiqué en trait-tillé violet.

Afin de pouvoir tamponner les crues des affluents prévus les 23 et 24 mai, le débit au Seujet a été réduit d'une manière importante sur cette période. Une dérogation de la direction générale de l'eau a permis de réduire le débit du Seujet à 50 m³/s pendant toute la journée du 23 mai.

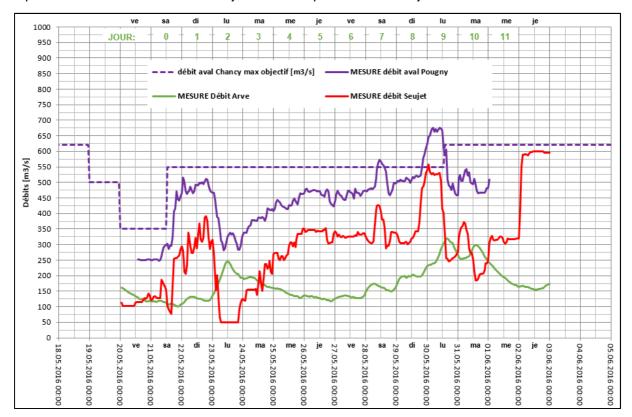


Figure 9: Evolution des débits aux stations Seujet (SIG), Arve-Bout du Monde (OFEV) et aval Chancy

Le graphique ci-après indique l'évolution du débit au pont de la Loi à Culoz. Le pont de la Loi se situe à l'aval du canal de fuite et de la restitution du Vieux-Rhône de Chautagne.

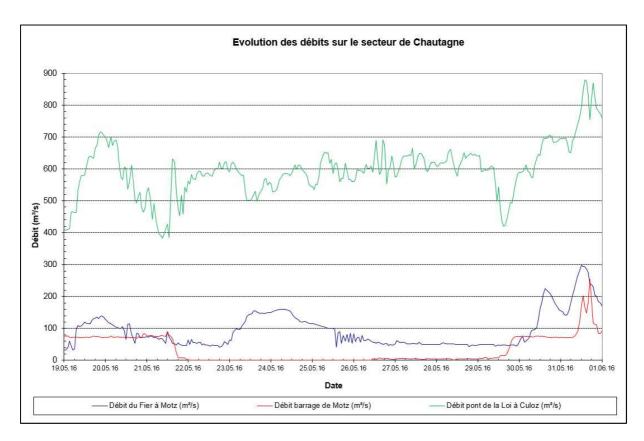


Figure 10 : Evolution du débit au pont de la Loi (données CNR)

Le débit moyen à Pougny au cours des opérations (du 21 mai, 12h au 31 mai, 6h) a été de 449 m³/s, soit 81% du débit maximum prévu dans le cadre des opérations (550 m³/s). Le volume d'eau à la station de Pougny utilisé pendant cette même période est de 378.8 hm³.

# 3.4 Evolution du niveau du lac Léman

La courbe noire du graphique ci-après présente l'évolution du niveau du lac Léman entre janvier et juin 2016, dans le domaine de régularisation autorisée pour une année bissextile.

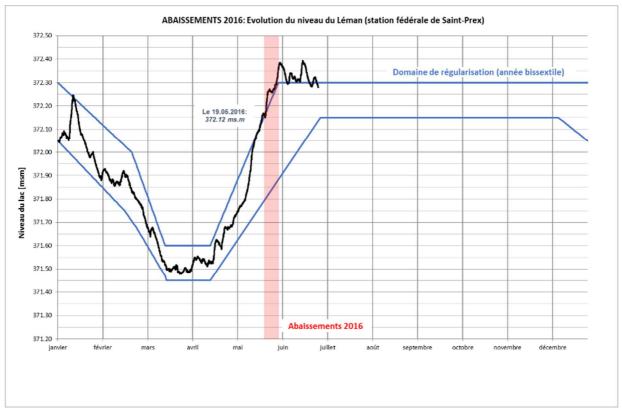


Figure 11 : Evolution du niveau du Léman (station fédérale de Saint-Prex) pendant l'année 2016

Dans le but de constituer un stock d'eau suffisant pour les opérations, le niveau du Léman a été amené à 372.12 msm le 19 mai 2016, soit la cote de la limite supérieure de l'enveloppe. Le protocole des opérations prévoyant en effet un débit au Seujet entre 400 et 440 m³/s sur toute la durée de l'opération, il était attendu que le niveau du lac s'abaisse d'une manière significative au cours des opérations (15 cm en cas d'apports moyens et 40 cm en cas d'apports représentant le quantile 25%, voir graphique ci-après).

La réduction du débit du Seujet au cours des 23 et 24 mai a permis de tamponner les crues des affluents et de limiter ainsi le débit à Chautagne en permettant le bon déroulement des opérations. Cependant le niveau du Léman a vécu pendant cette période un exhaussement de 10 cm.

Sur la durée totale des opérations, l'exhaussement du niveau du Léman est de 27 cm, dépassant même le niveau maximum prescrit (372.30 msm) pour atteindre 372.40 msm à la fin des opérations.

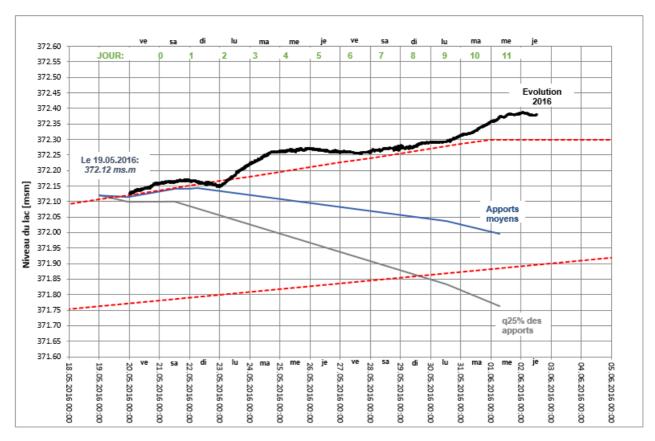


Figure 12 : Evolution du niveau du Léman pendant la période des opérations

# 3.5 Pilotage des opérations par SIG / SFMCP

Les manœuvres d'abaissement des retenues de Verbois et de Chancy-Pougny ont été pilotées grâce à un suivi à temps réel l'évolution des concentrations en MES estimées avec des sondes de mesures en continu de MES installées par SIG (en complément des stations de pompage/prélèvements et mesures au pycnomètre) en aval du barrage de Verbois, au pont de la Plaine et au pont de Pougny. Ces sondes en continu mesurent une valeur de SiO<sub>2</sub> qui est ensuite convertie en MES; les concentrations ont été régulièrement calées à partir des mesures de concentrations de MES officielles effectuées par pycnomètre.

L'ensemble des données a été transféré aux salles de commande de Verbois et de Chancy-Pougny, et a été compilé sur une page web consultable par les opérateurs (voir illustration ciaprès).

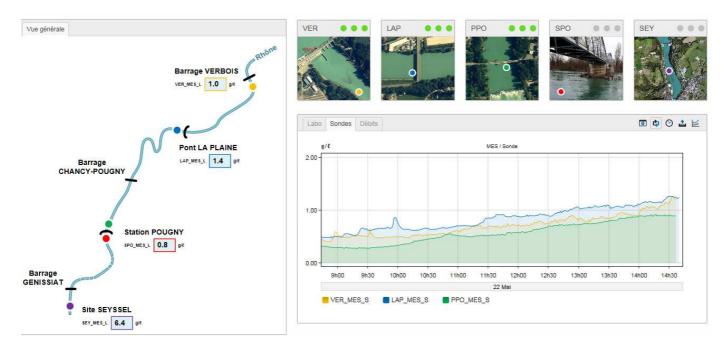


Figure 13 : Illustration du cockpit MES en salles de commande de Verbois et Chancy-Pougny

Le suivi fin de l'évolution des concentrations en MES a permis d'évaluer à temps réel l'influence des manœuvres, telles l'abaissement du niveau des retenues de quelques centimètres, l'augmentation du débit au Seujet, ceci afin de maitriser les taux de matières en suspension en aval des barrages de Verbois et de Chancy-Pougny.

Pour contrôle, les concentrations « officielles » établies au pycnomètre, à une fréquence de 1 à 2 mesures par heure, ont également été relayées par cette même voie. L'évolution de MES à la station de Seyssel (station CNR) est aussi indiquée pour information.

# 4 Mesure de la concentration en matières en suspension (MES)

# 4.1 Stations de prélèvements

Des échantillons d'eau chargée ont été prélevés à une fréquence définie à l'avance selon l'évolution des concentrations en MES mesurées. Les prélèvements ont été effectués au niveau des 3 stations suivantes :

- aval Verbois (station SIG),
- pont de la Plaine (station SIG),
- pont de Pougny (station conjointe SIG et CNR).

Les concentrations en MES ont ensuite été déterminées au pycnomètre.



Figure 14: Situation des stations de prélèvements

La station de Pougny constitue la station de référence pour le pilotage des opérations d'abaissement des retenues de Verbois et Chancy-Pougny. SIG, SFMCP et CNR ont exploité conjointement cette station. Les équipes en place en 3 X 8h étaient composées d'un personnel mixte CNR et SIG.

La fréquence des prélèvements dépendent des concentrations mesurées au niveau des 3 stations:

Au pont de Pougny:

- MES < 9 g/l : 30 min</li>
- 9 g/l < MES < 12 g/l : selon l'évaluation des tendances des MES jusqu'à toutes les 15 min
- MES > 12 g/l : selon l'évaluation des tendances des MES jusqu'à toutes les 5 min

#### A Verbois et la Plaine :

- MES < 8 g/l: 1h
- 8 g/l < MES < 9 g/l : 30 min
- 9 g/l < MES < 12 g/l : selon l'évaluation des tendances des MES jusqu'à toutes les 15 min
- MES > 12 g/l : selon l'évaluation des tendances des MES jusqu'à toutes les 5 min

#### 4.2 Evolution des concentrations en MES

Le graphique ci-dessous présente l'évolution des concentrations en MES en aval de Verbois (rouge) et Chancy-Pougny (violet) ainsi que les courbes d'évolution prévisionnelles.

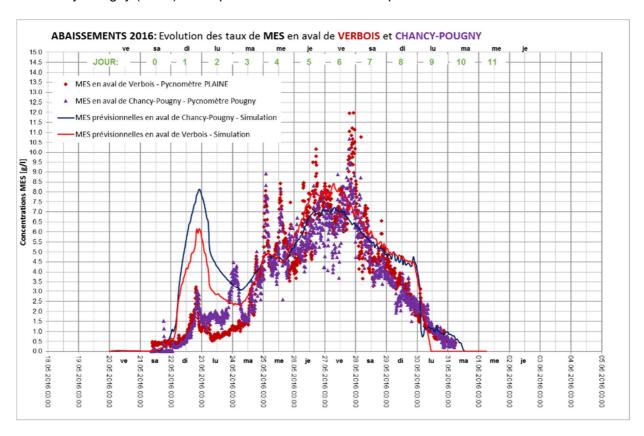


Figure 15 : Evolution des taux de MES en aval des barrages de Verbois et Chancy-Pougny

Les concentrations MES au pont de la Plaine (SIG) et au pont de Pougny (CNR) sont très proches, le barrage de Chancy-Pougny accompagnant le déstockage sédimentaire de la retenue de Verbois. Nous pouvons néanmoins observer qu'au cours de la journée du 23 mai et surtout de la matinée du 24 mai, un transfert sédimentaire provenant de la retenue de Chancy-Pougny a été constaté. La retenue atteint en effet son niveau le plus bas (-7 à -8.5 m) et les matériaux accumulés pendant l'opération de 2012 ont pu être éliminés de la retenue de Chancy-Pougny.

Par ailleurs, en dehors de la période entre les 22 et 23 mai, les concentrations en MES mesurées ont été proches des concentrations prévisionnelles. Avec les réductions de débits imposées par les conditions hydrométéorologiques en début d'opération, les concentrations en MES ont été significativement inférieures aux courbes prévisionnelles pendant cette période. Le niveau de la retenue de Verbois était probablement trop élevé pour assurer des contraintes de cisaillement (contraintes d'érosion) suffisantes.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution des concentrations de MES (mesures au pycnomètre) pendant les opérations à la **station du pont de la Plaine**, en comparaison avec la courbe d'abaissement de la retenue de Verbois. Les concentrations prévisionnelles, d'après modèle hydraulique, sont rappelées en rouge.

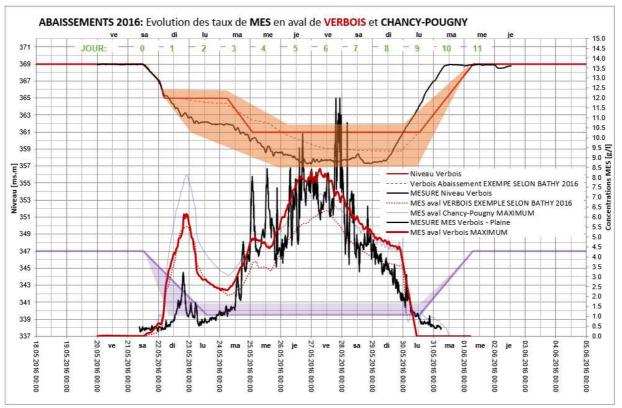


Figure 16 : Evolution des concentrations en MES mesurées en aval de Verbois en fonction du niveau, les courbes noires représentent les évolutions réelles ; celles en couleurs les évolutions prévisionnelles.

En aval du barrage de Verbois,

- La moyenne des concentrations en MES pendant toute la durée des opérations est estimée à 3.47 g/l.
- La concentration de 10 g/l a été dépassée lors des périodes suivantes :
  - o Le 26 mai, vers 17h sur une période de 10 minutes : 10.16 g/l
  - o Le 27 mai, vers 19h sur une période 30 minutes : 11.95 g/l au maximum
  - o Le 27 mai 21h, sur une période de 3h environ : 11.98 g/l au maximum
  - o Le 28 mai vers 4h, sur une période de 10 minutes, 10.77 g/l (valeur douteuse)
- La concentration de 15 g/l n'a jamais été dépassée

Le graphique ci-après présente l'évolution des concentrations de MES (mesures au pycnomètre) pendant les opérations à la **station du pont de Pougny** (station commune SIG-CNR), en comparaison avec la courbe d'abaissement de la retenue de Chancy-Pougny. Les concentrations prévisionnelles, d'après modèle hydraulique, sont rappelées en violet.

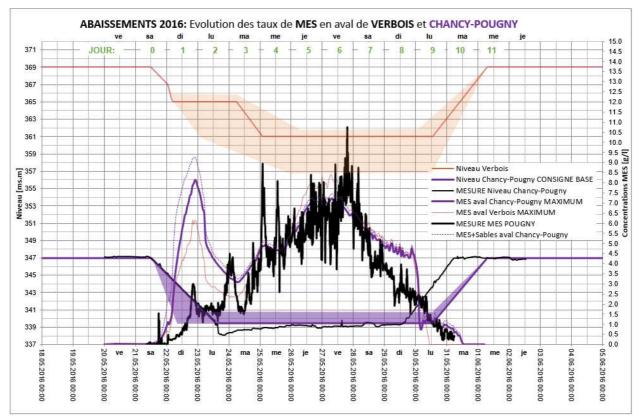


Figure 17: Evolution des concentrations en MES mesurées en aval de Chancy-Pougny. Les courbes noires représentent les évolutions réelles ; celles en couleur les évolutions prévisionnelles.

En aval du barrage de Chancy-Pougny,

- La moyenne des concentrations en MES pendant toute la durée des opérations est estimée à 3.37 g/l.
- La concentration de 10 g/l a été dépassée le 27 mai, vers 19h sur une période d'environ 20 minutes : **10.69 g/l** au maximum
- La concentration de 15 g/l n'a jamais été dépassée

Les valeurs limites en termes de concentrations en MES et temps d'exposition ont donc été respectées par les exploitants SIG et SFMCP.

# 4.3 Calcul du bilan massique

L'intégration des flux massiques sortants des retenues de Verbois et de Chancy-Pougny permet d'estimer le déstockage de la retenue de Verbois et la masse sédimentaire (en tonnes) qui a transité par le barrage de Chancy-Pougny.

Le graphique ci-après présente l'évolution du transit sédimentaire (masses) au niveau des barrages de Verbois (courbe rouge) et de Chancy-Pougny (courbe violette), en comparaison avec les courbes prévisionnelles. Les courbes prévisionnelles ont été établies par simulation, dans le but d'obtenir une concentration MES moyenne de 5 g/l (concentration maximale à respecter) sur toute la durée de l'opération.

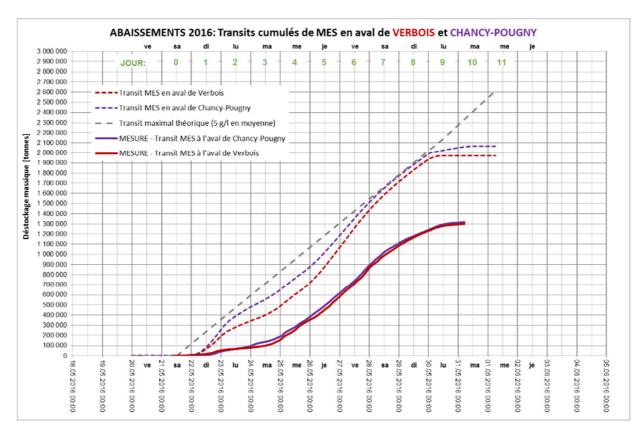


Figure 18 : Transit sédimentaire par les barrages de Verbois et de Chancy-Pougny (d'après mesures MES)

Les bilans de masse sont les suivants :

- Le déstockage de la retenue de Verbois est évalué à 1.30 millions de tonnes.
- Le transfert de sédiments en aval de Chancy-Pougny est estimé à **1.32 millions de tonnes**.

# 5 Résultats des levés bathymétriques

Des campagnes bathymétriques ont été effectuées avant (avril 2016) et après (juin-juillet 2016) les opérations d'abaissement dans le but d'identifier les zones d'érosion et de déposition de sédiments. La comparaison des deux bathymétries permet de calculer les variations du stock sédimentaire dans les deux retenues.

Les campagnes bathymétriques ont été réalisées sur le Rhône genevois, entre la Jonction (jonction de l'Arve et du Rhône) et le barrage de Chancy-Pougny.

# 5.1 Méthodologie

Un échosondeur Kongsberg Simrad EA 400 (fréquence 710 kHz) est utilisé pour déterminer la distance entre le fond et le capteur.

Les coordonnées du capteur (position du bateau) sont mesurées via un dispositif DGPS (GPS différentiel). Le système de positionnement permet de corriger les informations de positionnement du bateau reçues des satellites par une station de référence implantée à terre (station fixe de la direction cantonale de la mensuration officielle). Cet équipement permet la mesure en continu de la position du bateau avec une précision subdécimétrique en planimétrie et en altimétrie.

Des repères de navigation (sous forme de lignes perpendiculaires au courant) équidistantes de 20 mètres ont été édités. Le logiciel utilisé facilite la navigation en indiquant la position du bateau en temps réel sur un fond de carte.

L'altitude mesurée par le GPS a été corrigée en tenant compte des niveaux effectifs du plan d'eau mesurés aux stations limnimétriques de la Jonction, d'Aïre (PK 8.2), de Verbois (amont et aval), du Nant des Charmilles et de Chancy-Pougny (amont). Une dizaine de points fixes ont été implantés dans le cadre des levés. Les campagnes de mesures ont été planifiées pendant des plages horaires sans variations de niveau, afin de minimiser les erreurs de mesures.

Le parcours du bateau se fait sous forme de « S », en parcourant les repères de navigation. Un point est mesuré chaque seconde.

Le modèle numérique d'altitude est calculé par la méthode du voisin le plus proche, à partir des points mesurés. Des courbes de niveau espacées d'un mètre sont ensuite superposées à ce modèle.

# 5.2 Etat bathymétrique avant-abaissement

Les cartes bathymétriques correspondant à l'état pré-abaissement des retenues de Verbois et de Chancy-Pougny figurent à l'annexe 2.

#### 5.2.1 Retenue de Verbois

La retenue de Verbois s'est comblée de manière significative pendant ces quatre années, notamment en raison de la crue centennale de l'Arve de mai 2015. Un stock de 1.8 millions de m<sup>3</sup> a été calculé en comparant les états 2012 et 2016 (après abaissement de 2012 et avant abaissement 2016).

La vitesse moyenne d'accumulation de la retenue de Verbois entre 2012 et 2016, évaluée à 450'000 m³/an en tenant compte des apports de la crue de l'Arve de mai 2015, est supérieure à la vitesse d'accumulation moyenne interannuelle de 360'000 m³/an (+25%). L'accumulation mesurée entre 2012 et 2016 (4 ans) correspond à une variation de stock de 5 années.

# 5.2.2 Retenue de Chancy-Pougny

Suite à la vidange-chasse de juin 2012, environ 200'000 m³ de sédiments provenant de la retenue de Verbois, se sont accumulés dans le méandre d'Epeisses (retenue de Chancy-Pougny). Des simulations hydrauliques ont été effectuées en tenant compte de ce nouvel état morphologique ; elles montraient que l'état morphologique « post-vidange 2012 » ne permettaient plus de garantir le respect des niveaux prescrits par la concession de Chancy-Pougny.

Au cours des 4 dernières années, SFMCP a souhaité évaluer l'effet des crues du Rhône sur le déplacement des matériaux du méandre d'Epeisses. L'évolution du déplacement des sédiments a pu se faire par la réalisation de plusieurs campagnes bathymétriques. Ces opérations se sont déroulées tout en respectant les niveaux d'eau prescrits par la concession (niveau minimum de 346.80 msm au Nant des Charmilles).

Entre 2012 et 2016, une grande partie des matériaux accumulés dans le lit principal du méandre a été dégagée ; au début de l'année 2016, ces matériaux se retrouvaient en aval du méandre (voir illustration ci-dessous) mais étaient toujours contenus dans la retenue de Chancy-Pougny.

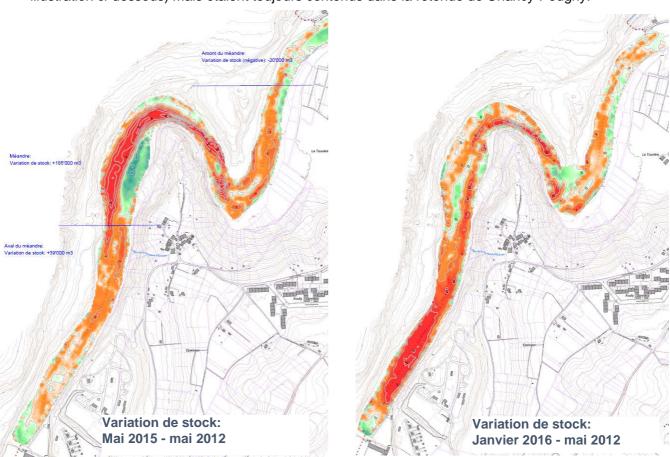


Figure 19 : Déplacement des matériaux dans la retenue de Chancy-Pougny entre 2012 et 2016

Au début de l'année 2016, le stock sédimentaire est toujours de à 200'000 m³ dans la retenue de Chancy-Pougny, par rapport à la situation « avant vidange 2012 ». Les accompagnements de crues d'Arve (jusqu'à un débit de ~900 m³/s, sans abaissement de la ligne d'eau) ne permettent donc pas d'évacuer les sédiments présents en amont direct de Chancy-Pougny.

Des prélèvements ont été effectués au mois mars 2016 entre l'aval du méandre d'Epeisses et le barrage de Chancy-Pougny. Les résultats ont montré que la granulométrie des matériaux est comprise entre 0.2 et 2 mm. Les matériaux accumulés en amont du barrage de Chancy-Pougny avant les opérations d'abaissement sont donc constitués de sables moyens à grossiers; les

contraintes de cisaillement sans un abaissement du plan d'eau ne sont pas suffisantes pour que ces matériaux franchissent le barrage de Chancy-Pougny.

# 5.3 Etat bathymétrique après-abaissement

Les cartes bathymétriques correspondant à l'état post-abaissement figurent à l'annexe 3. La variation de stock sédimentaire sur les retenues de Verbois et de Chancy-Pougny a été calculée en comparant les deux états bathymétriques respectifs (les cartes correspondantes sont présentées à l'annexe 4).

#### 5.3.1 Retenue de Verbois

L'analyse des bathymétries montre que **1'304'000 m³ de sédiments ont été évacués de la retenue de Verbois** lors des opérations d'abaissement de mai 2016. La figure ci-après indique les zones d'érosion (en vert) et de dépôt (en rouge).



Figure 20: Différences bathymétriques (avant/après abaissement mai 2016) sur la retenue de Verbois

Une accumulation de matériaux (environ 70'000 m³) est constatée en amont direct du barrage de Verbois, au niveau du thalweg. Ces sédiments ont été apportés par des sédiments provenant de zones d'érosion en amont ; ce phénomène n'a jamais été observé lors des vidanges complètes effectuées avant 2016 et s'explique par le fait que l'écoulement était sous pression à l'approche du barrage de Verbois, l'abaissement de la retenue étant (seulement) partiel en 2016.

#### 5.3.2 Retenue de Chancy-Pougny

La comparaison des bathymétries « avant abaissement » et « après abaissement » montre que **222'000 m³ de sédiments ont été évacués de la retenue de Chancy-Pougny**. La figure ci-après indique les zones d'érosion (en vert) et de dépôt (en rouge).

La totalité des sédiments stockés dans la retenue de Chancy-Pougny pendant la vidange de 2012 ont été évacués au cours des opérations de mai 2016. Une légère accumulation est constatée dans le méandre d'Epeisses ; ces sédiments se déplaceront en aval du méandre lors des crues du Rhône au cours des prochaines années, et quitteront la retenue de Chancy-Pougny lors du prochain abaissement.

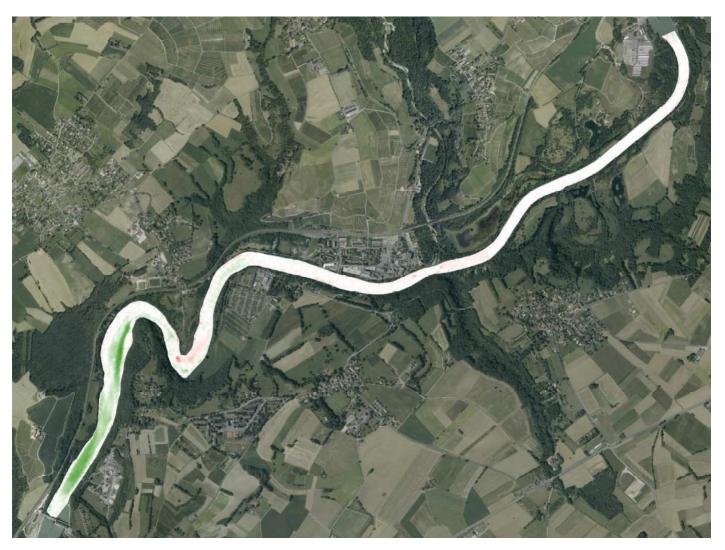


Figure 21: Différences bathymétriques (avant/après abaissement mai 2016) sur la retenue de Chancy-Pougny

# 5.3.3 Volume sédimentaire transité en aval du barrage de Chancy-Pougny

Au cours des opérations de mai 2016, **1'526'000** m³ de sédiments ont transité en aval du barrage de Chancy-Pougny, dont environ 200'000 m³ de matériaux grossiers contenus dans la retenue de Chancy-Pougny.

# 6 Comparaison avec les opérations précédentes

Le graphique ci-dessous permet de comparer l'opération de mai 2016 avec les 4 dernières opérations de vidange complète (1997, 2000, 2003, 2012) en termes de concentrations MES à la station de Pougny.

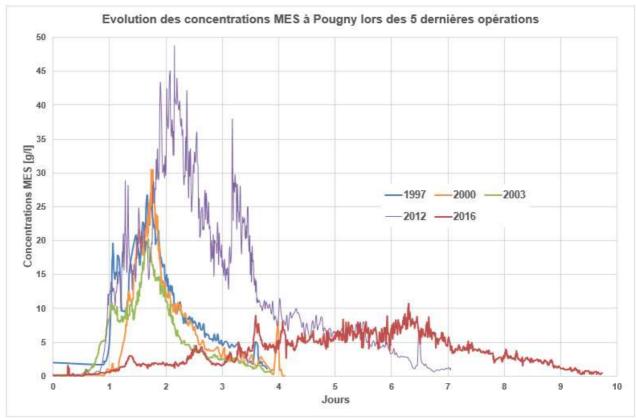


Figure 22 : Evolution des concentrations en MES au cours des opérations 1997, 2000, 2003, 2012 et 2016

#### Pour rappel:

- La vidange de 1997 et l'abaissement de 2016 étaient organisés après 4 années d'accumulation de la retenue de Verbois
- Les vidanges de 2000 et 2003 étaient organisées après 3 années d'accumulation
- La vidange de 2012 était organisée après 9 années d'accumulation

Malgré une durée plus longue, l'opération de 2016 a permis de réduire d'une manière significative la concentration maximale de MES par rapport aux opérations précédentes (voir tableau ci-dessous).

Opération	MES moyen [g/l]	MES max [g/l]	Heures successives > 10 g/l	Heures successives > 15 g/l	Masse transitée [to]
1997	11.8	26.7	19.5	12.5	1'530'000
2000	12.8	30.4	19.3	11.2	1'010'000
2003	5.0	20.3	13.7	5.2	880'000
2012	15.2	48.6	65.2	36.9	2'520'000
2016	3.4	10.7	0.3	0	1'320'000
Consigne 2016-2026	5.0	-	6.0	0.5	2'100'000

Le graphique ci-dessous présente l'évolution de la masse (calcul par intégration des concentrations de matières solides en suspension homogène) évacuée de la retenue de Verbois (en bleu) et transitée par le barrage de Chancy-Pougny (en orange).

Avant 2012, les prélèvements en aval du barrage de Verbois étaient effectués au « profil 57 » en rive droite et tendaient à légèrement sous-estimer les flux solides sortants de la retenue de Verbois étant donné le gradient de concentration sur la largeur du cours d'eau ; en 2012 et 2016, les prélèvements ont été effectués au pont de La Plaine, soit sur un site qui est plus représentatif. Les données représentant la masse de sédiments sortant du barrage de Chancy-Pougny (prélèvements au pont de Pougny) sont également représentatives des flux sortants de la retenue de Verbois, la variation de stock sédimentaire de la retenue de Chancy-Pougny étant faible entre deux opérations.

En dehors de l'opération de 2012 (masse transitée à Pougny de 2.52 millions de tonnes), le résultat de l'opération de 2016 est dans la moyenne des opérations de vidanges triennales précédentes.

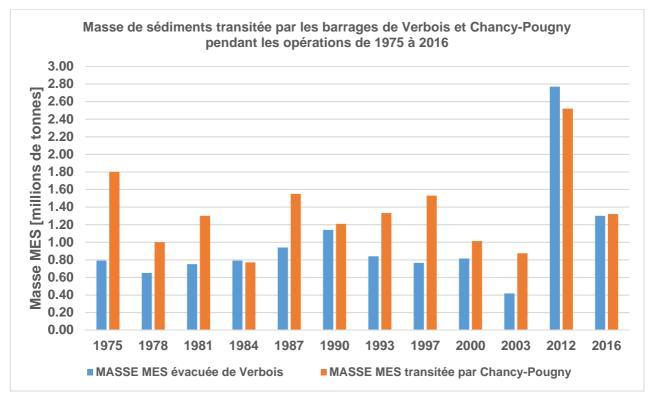


Figure 23 : Masse de sédiments transitée en aval des barrages de Verbois et Chancy-Pougny lors des opérations de 1975 à 2016

Le graphique ci-après présente l'évolution des volumes (calcul par différences bathymétriques) évacués de la retenue de Verbois entre 1975 et 2016. Ces volumes tiennent compte également du transit de la fraction sableuse et graveleuse des matériaux. Le volume évacué de la retenue de Verbois en 2016 est proche de ceux estimés lors des opérations de vidanges classiques triennales, la vidange de 2012 étant particulière.

Il faut relever que suite au traitement des modèles bathymétriques de l'opération 2016, le niveau d'accumulation de la retenue de Verbois après la vidange complète de 2012 a été revu à baisse ; le volume déstocké au cours de la vidange de 2012 a ainsi été ré estimé à 3.20 Mm³.

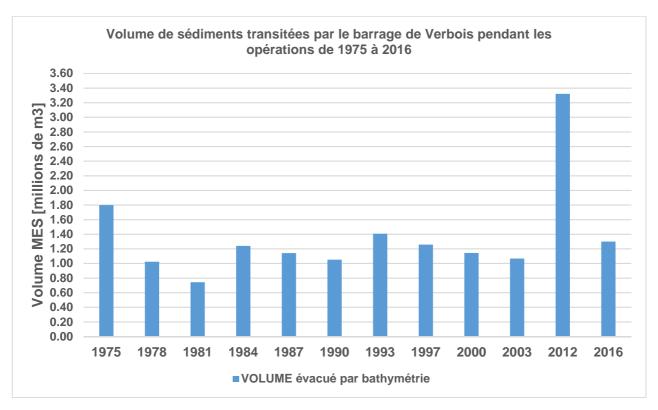


Figure 24 : Volume de sédiments évacué de la retenue de Verbois lors des opérations de 1975 à 2016

# 7 Suivi du glissement de Peney

Le versant instable de Peney s'étend le long des berges du Rhône à une dizaine de kilomètres de la ville de Genève sur la commune de Satigny. Il constitue un escarpement qui surplombe d'une part l'usine d'incinération des Cheneviers situé face au glissement et d'autre part le barrage de Verbois qui se trouve à moins d'un kilomètre vers l'aval (voir figure ci-dessous).

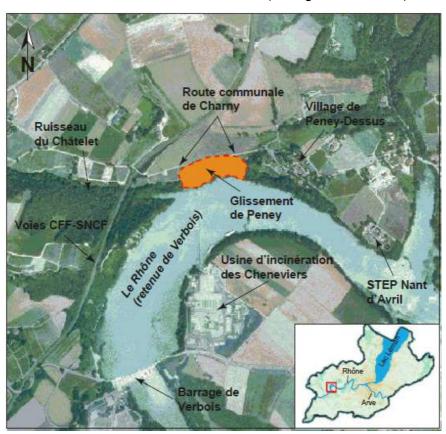


Figure 25 : Situation du glissement de Peney

Au regard de sa localisation, l'activité de ce glissement est fortement dépendante de la vitesse d'abaissement de la retenue de Verbois pendant les opérations d'abaissement. Comme lors de chaque opération d'abaissement, le déplacement du glissement de Peney a été observé à l'aide d'un réseau d'extensomètres (complété par des balises GPS en 2016). Le rapport détaillé contenant les résultats de ces investigations se trouve à l'annexe 5.

Le rapport conclut que les déplacements observés lors de l'abaissement 2016 sont identiques à ceux de la vidange 2012 (opération pour laquelle une réduction du gradient d'abaissement avait déjà été imposée), et sensiblement inférieurs à ceux observés lors des vidanges 2000 et 2003. Cette différence s'explique par une vitesse d'abaissement du niveau de la retenue Verbois déjà réduite en 2012 et encore plus en 2016, par rapport aux vidanges précédentes.

La réduction de la vitesse d'abaissement de la retenue induit une réduction des forces de percolation et une limitation de l'activité du glissement par rapport aux vidanges précédentes.

Ces observations confirment d'une part la validité des mécanismes d'instabilité décrit pour le glissement de Peney et d'autre part traduisent le caractère très positif pour la stabilité du glissement de la réduction de la vitesse d'abaissement du plan d'eau lors des événements d'abaissement de la retenue.

# 8 Synthèse du bilan hydraulique et sédimentaire

#### Gestion des débits en aval de Verbois

3 épisodes de crues de l'Arve et des affluents du Rhône français se sont déroulés au cours de la période des opérations, nécessitant le report de ceux-ci de 24h, puis leur fin anticipée de 24h. Par ailleurs, afin de garantir un débit maximum de 600 m³/s à Chautagne, le débit projeté au cours des opérations n'a jamais pu être atteint (environ -20%), réduisant ainsi les flux sédimentaires sortants des retenues. La maitrise de ce débit maximum à Chautagne a constitué une contrainte très importante pour mener à bien les opérations.

#### Gestion du niveau du lac Léman

La réduction des apports du barrage du Seujet pendant les opérations a engendré un **exhaussement du niveau du lac Léman de 25 cm en 10 jours**. Le niveau du lac a atteint la cote de 372.40 msm, soit un niveau 10 cm au-dessus de l'enveloppe réglementaire. Le protocole prévisionnel prévoyait au contraire un abaissement sensible du niveau du Léman.

#### Gestion des niveaux des retenues

L'abaissement des retenues de Verbois et Chancy-Pougny a été effectué conformément à l'enveloppe requise. Les vitesses d'abaissement des deux retenues ont été respectées, permettant ainsi de maitriser les taux de MES et de limiter l'activité du glissement de Peney, sis en amont du barrage de Verbois.

#### Concentration des matières en suspension (MES)

Les valeurs limites de concentrations en MES et temps d'exposition fixés au pont de Pougny ont été respectées pendant toute la durée de l'opération :

- La concentration de 15 g/l n'a jamais été atteinte ;
- La concentration de 10 g/l n'a été dépassé qu'une seule fois, pendant une vingtaine de minutes;
- La concentration moyenne sur l'opération est de 3.4 g/l, soit bien inférieure à la valeur limite de 5 g/l.

# Déstockage sédimentaire

Les objectifs de déstockage sédimentaire sur le Rhône genevois ont globalement été atteints :

- La masse de MES transitée en aval du barrage de Verbois et de Chancy-Pougny est estimée respectivement à 1.30 et 1.32 millions de tonnes (calcul selon intégration des flux calculés par mesures MES au pycnomètre).
- Par calcul selon différences bathymétriques, nous avons pu estimer qu'un volume de 1.30 millions de m³ a été évacué de la retenue de Verbois. Nous avons relevé une accumulation de ~70'000 m³ en amont direct barrage de Verbois, au niveau du thalweg.
- Les matériaux grossiers accumulés en 2012 dans la retenue de Chancy-Pougny ont pu être transférés en aval du barrage : 0.22 million de m³ ont en effet déstockés de la retenue de Chancy-Pougny. Ces matériaux étaient constitués principalement de sables grossiers.

 Suite à l'abaissement de mai 2016, le niveau de comblement de la retenue de Verbois s'élève à 2.8 Mm³, soit bien en-dessous du niveau de comblement permettant de limiter le risque d'inondations en ville de Genève (5 Mm³), voir figure ci-après.

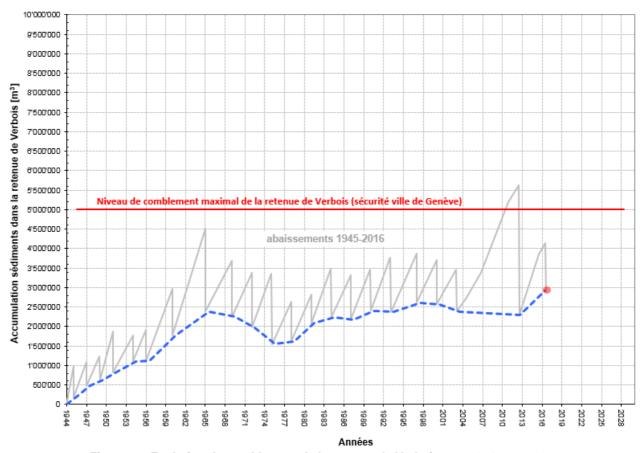


Figure 26: Evolution du comblement de la retenue de Verbois entre 1945 et 2016

# 9 Recommandations

En l'état actuel des connaissances, les recommandations des exploitants SIG et SFMCP pour des opérations d'abaissements futures, sont listées ci-dessous.

# Protocole des opérations

- L'opération de 2016 a montré que le déstockage sédimentaire de la retenue de Verbois est possible tout en assurant la maitrise des concentrations en MES. Les consignes imposées ont en effet été respectées en effectuant un abaissement progressif et partiel de la retenue de Verbois. Le protocole d'abaissement peut encore être optimisé, dans l'objectif de réduire la durée de l'opération :
  - un déstockage significatif a en effet été atteint avec 24h de moins que le prévoyait le protocole initial,
  - lors des premiers jours de l'opération, il serait à présent opportun d'abaisser la retenue de Verbois d'une manière plus rapide afin d'obtenir dès que possible un niveau d'eau propice pour atteindre des contraintes de cisaillement suffisantes au déstockage sédimentaire,
  - la concentration moyenne sur la durée de l'opération n'a atteint que 70% de la valeur maximale prescrite (5 g/l),
  - les conditions hydrologiques étaient particulièrement désavantageuses en 2016, le débit à Pougny n'a atteint que 80% du débit maximal prévu (550 m³/s).
- Le stockage sédimentaire dans la retenue de Chancy-Pougny a été considérablement réduit par rapport à l'opération de 2012. La remontée concomitante des retenues de Verbois et Chancy-Pougny doit être maintenue.

# Pilotage des opérations

Le pilotage des opérations a été assuré grâce à la mise à disposition à temps réel de données de MES obtenues par des sondes en continu disposées sur plusieurs stations du Rhône genevois. La mise en place de ce cockpit MES dans les salles de commande des barrages de Verbois et Chancy-Pougny doit être reconduite.

#### Maitrise des matières en suspension

Les concentrations en MES ont été maitrisées lors de cette opération 2016. L'objectif des prochaines opérations sera également de limiter les « pics » ponctuels de MES, dans l'objectif de mieux **lisser la courbe d'évolution des matières en suspension**.

#### Choix de la période des opérations

Du point de vue hydrologique, la période de mi-mai à fin mai permet de mener à bien les opérations. Nous avons néanmoins pu constater au cours de l'opération de 2016 que des débits importants et généralisés au niveau des différents affluents du Rhône pouvaient constituer des contraintes importantes dans la gestion des opérations.

#### Prochaine opération d'abaissement

SIG recommande de programmer la prochaine opération d'abaissement de la retenue de Verbois en fonction du niveau de comblement effectif de la retenue. La prochaine opération est prévue en mai/juin 2019 ou mai/juin 2020. Des bathymétries régulières seront effectuées ces prochaines

années afin de suivre l'état de comblement de la retenue de Verbois. **Une proposition définitive** sera communiquée et soumise aux autorités franco-suisses au mois de novembre 2018.

# 10 Annexes

- Annexe 1 : Rapport Hydro Exploitation, dragage préalable en amont du barrage de Verbois
- Annexe 2 : Cartes bathymétriques pré-abaissement des retenues de Verbois et Chancy-Pougny
- Annexe 3 : Cartes bathymétriques post-abaissement des retenues de Verbois et Chancy-Pougny
- Annexe 4 : Cartes des déblais et remblais dans les retenues de Verbois et Chancy-Pougny
- Annexe 5 : Suivi du glissement de Peney (retenue de Verbois), bureau CSD