# **BEA-TT**

Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre

# les rapports

# Rapport d'enquête technique sur l'accident de navigation fluviale survenu le 18 janvier 2004 à La Voulte sur le Rhône

Décembre 2005



# Conseil Général des Ponts et Chaussées

Le 28 décembre 2005

# Bureau d'enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre

Rapport n°2004-0005-01

Rapport d'enquête technique sur l'accident de navigation fluviale survenu le 18 janvier 2004 à La Voulte sur le Rhône

# Bordereau documentaire

Organisme (s) commanditaire (s) : Ministère des Transports, de l'Equipement, du Tourisme et de la Mer ; MTETM

Organisme (s) auteur (s): Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre; BEA-TT

Titre du document : Rapport d'enquête technique sur l'accident de navigation fluviale survenu le 18 janvier 2004 à La Voulte sur le Rhône

Proposition de mots-clés : Transport fluvial, matières dangereuses, pont, accident.

# **Sommaire**

Glossaire	5
Résumé	7
1- Engagement de l'enquête	9
2- Circonstances et constats immédiats	11
2.1- L'accident	
3- Les investigations réalisées	13
4- Déroulement de l'accident et analyse	15
4.1- Formation et progression du convoi	15 16 17 18 19 19 19 20
5.1- Les conditions de navigation sur la période de l'accident.  5.1.1- Conditions par rapport aux plus hautes eaux navigables.  5.1.2- Les débits.  5.1.3- La vitesse du courant.  5.1.4- Simulations réalisées par le CETMEF.  5.1.5- Trajectographie et hypothèse d'un mauvais positionnement au droit du pont.  5.1.6- Conditions de rupture du brêlage entre les deux barges.  5.1.7- Orientations pour la prévention.  5.2- Chenal navigable et bathymétrie.  5.2.1- Implantation du chenal.  5.2.2- Données bathymétriques.  5.2.3- Hypothèse d'un contact du convoi avec le haut fond repéré en 2004.	23 23 24 24 25 25 26 26
6- Facteurs lies aux bateaux impliqués	29
6.1- Le « Redoutable »	

6.4- Orientations pour la prévention	30
7- Facteurs liés aux conditions de travail	31
7.1- Montage juridique de l'exploitation	31
7.2- Habilitation de l'équipage	
7.3- Chronologie des activités de l'équipage	
7.4- Sécurité à bord des bateaux	
7.5- Orientations pour la prévention.	
8- Facteurs liés au pont ferroviaire de la Voulte	
8.1- Historique et aménagement successifs de l'ouvrage	35
8.2- Capotage des articulations d'appui sur les piles	35
8.3- Canalisation de gaz naturel	
9- Conclusions et recommandations	
ANNEXES.	
ANNEAES	37
Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête	
Annexe 2 : Plan de situation	
Annexe 3 : Schéma de la zone d'accident	43
Annexe 4 : Photographies du site le 21 janvier 2004	44
Annexe 4-1 : Le pont de la Voulte	
Annexe 4-2 : Les barges « Annemasse » et « Bourgogne » entre les piles P1 et P2	
Annexe 4-3 : Le pousseur « Redoutable » ; partie émergeante de l'épave	
Annexe 5 : Constatations concernant les bateaux	
Annexe 5-1 : Plan en coupe et points de choc sur la barge « Annemasse »	
Annexe 5-2 : Photographie des points de choc sur la barge « Annemasse »	
Annexe 5-3 : Photographie du point de choc M1	
Annexe 5-4: Photographie du point de choc M2	
Annexe 5-5: Photographie du point de choc M3	
Annexe 6 : Constatations concernant le pont de la Voulte	
Annexe 6-1 : Pile P2 du pont de la Voulte	
Annexe 6-2 : Pile P1 du pont de la Voulte	
Annexe 7 : Schémas des phases successives possibles de l'accident	
Annexe 7-1 : Schéma 1	
Annexe 7-2 : Schéma 2	
Annexe 7-3 : Schéma 3	
Annexe 7-4 : Schéma 4.	
Annexe 7-5 : Schéma 5 Annexe 7-6 : Schéma 6	
Annexe 8 : Bathymétrie	
Annexe 9 : Note de synthèse de la contribution du CETMEF au BEA-TT	
THINGAU Z. INDIO NO SYMMOSO NO 18 COMMIDUMON NU CLI INDICANI AN DIZATI I	

#### Glossaire

- **ADNR**: règlement pour le transport de matières dangereuses sur le Rhin
- Brêlage : attache réalisée au moyen de câbles
- **CANAF**: Base de données relative à la Collecte et Analyse Nationale des Accidents-incidents Fluviaux
- **CETMEF**: Centre d'Etudes Techniques Maritimes et Fluviales
- **CFT**: Compagnie Fluviale de Transport
- CGPC : Conseil Général des Ponts et Chaussées
- **Clapage** : largage de matériaux
- <u>CMA-CGM</u>: Compagnie d'Affrètement Maritime Compagnie Générale Maritime, transporteur de conteneurs
- CMN : Constructions Mécaniques de Normandie
- **CNR**: Compagnie Nationale du Rhône
- **DDE**: Direction Départementale de l'Equipement
- DGMT : Direction Générale de la Mer et des Transports
- **DGMT/MMD**: Direction Générale de la Mer et des Transports / Mission Matières Dangereuses
- **<u>DTT</u>**: Direction des Transports Terrestres
- **PHEN**: les Plus Hautes Eaux Navigables
- **Ragage**: frottement contre un corps solide
- RFF : Réseau Ferré de France
- **SARL** : Société à responsabilité limitée
- **SFPR**: Société Fluviale de Poussage Rhodanien
- **SNRS**: Service navigation Rhône Saône
- **TMD**: Transport de Matières Dangereuses

#### Résumé

Le dimanche 18 janvier 2004 vers 6H30, un convoi fluvial composé d'un pousseur, d'une barge chargée de benzène et d'une barge porte-containers a été accidenté sur le Rhône à la hauteur du pont ferroviaire de la Voulte sur Rhône (07).

Lors du passage sous le pont ferroviaire, le convoi s'est trouvé ralenti et n'a pu le franchir complètement. A la suite de cette immobilisation, le convoi, en position biaise, est entré en contact avec la rive et une pile ; les brêlages\* se sont rompus et le pousseur a coulé, tandis que les deux barges se sont retrouvées accolées « en portefeuille » et appuyées sur deux piles du pont.

Cet accident a fait une victime, un matelot de l'équipage étant tombé à l'eau sans pouvoir être secouru.

La navigation sur le Rhône et la circulation des trains sur le pont ont été interrompues pendant une semaine, jusqu'à l'enlèvement des barges.

L'accident est lié à un ralentissement et à un arrêt de la progression du convoi, alors que celui ci franchissait le pont de la Voulte. La cause directe de ce ralentissement n'a pu être identifiée précisément. L'hypothèse d'un contact avec un haut fond présent dans le chenal n'apparaît pas plausible à moins d'une évolution importante des fonds du Rhône entre l'accident et le levé bathymétrique de mars 2004. Celle d'une mauvaise présentation du convoi au franchissement du pont est contredite par les témoignages recueillis, mais ne peut-être écartée. Une défaillance des moteurs ou une interférence des hélices avec un corps étranger n'ont pas pu être vérifiées.

Plusieurs facteurs ont influencé la gravité de l'accident.

Parmi les facteurs favorables, on doit mentionner la structure à double coque de la barge « Annemasse » ; celle-ci a évité une pollution du Rhône par le benzène, qui aurait pu être très grave.

Parmi les facteurs défavorables, on peut citer :

- > la mauvaise attache du gilet de sauvetage, ou le défaut de port de ce gilet par la victime ;
- > le caractère agressif des capotages des piles du pont de la Voulte, qui explique la déchirure de la coque externe de l'« Annemasse » ;
- > la présence d'une conduite de gaz sous pression du côté amont du tablier du pont, qui peut constituer un facteur de risque.

Cinq recommandations ont été formulées à l'issue de l'enquête ; elles concernent :

- > l'étude d'une réglementation limitant, dans certaines circonstances, la navigation des convois chargés de matières dangereuses ;
- > le suivi des bateaux assurant des transports de matières dangereuses dans le cadre de la police de la navigation ;
- > le rappel des consignes de sécurité et l'aménagement de dispositifs de sécurité sur les bateaux ;
- > la modification des piles du pont ferroviaire ;
- > l'étude des facteurs de risque présentés par les ponts sur le Rhône pour la navigation.

7

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

# 1- Engagement de l'enquête

L'accident survenu le 18 janvier 2004, occasionnant le décès d'un matelot puis perturbant fortement la navigation fluviale sur le Rhône, a conduit le ministre de l'Equipement, des Transports, de l'Aménagement du Territoire, du Tourisme et de la Mer à demander le 20 janvier 2004 au CGPC\* de réaliser une enquête technique, dans le cadre de la loi 2002-3 du 3 janvier 2002 sur la sécurité des infrastructures et des systèmes de transport.

Cette enquête a été confiée à la mission du CGPC préfigurant le BEA-TT en cours de création.

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

#### 2- Circonstances et constats immédiats

#### 2.1- L'accident

Le dimanche 18 janvier 2004 vers 6H30, un convoi fluvial composé d'un pousseur, d'une barge chargée de benzène et d'une barge porte-containers a été accidenté sur le Rhône à la hauteur du pont ferroviaire de la Voulte sur Rhône (07).

Lors du passage sous le pont ferroviaire, le convoi s'est trouvé ralenti et n'a pu le franchir complètement.

A la suite de cette immobilisation, le convoi, en position biaise, est entré en contact avec la rive et une pile ; les brêlages se sont rompus et le pousseur a coulé, tandis que les deux barges se sont retrouvées accolées « en portefeuille » et appuyées sur deux piles du pont.

#### 2.2- Bilan humain et matériel

La principale conséquence de l'accident a été la perte d'une vie humaine, le matelot qui avait été envoyé à l'avant du convoi pour aider à la manœuvre et qui après sa chute n'a pu être repêché. Son corps a été retrouvé dans un ouvrage de la CNR\* le 4 mars 2004.

Les conséquences matérielles peuvent être évaluées comme suit :

- > Convoi : le pousseur a été détruit, les deux barges ont subi des dommages.
- ➤ Pont de la VOULTE : le choc du convoi a causé quelques dégâts limités à l'ouvrage. En outre, pendant la période qui s'est écoulée entre l'accident et l'enlèvement de l'épave du pousseur, les modifications à l'écoulement dues à la présence de cette épave ont conduit la SNCF, par mesure de précaution contre l'affouillement des piles, à faire claper des enrochements au pied de ces piles.
- > Opérations de remise en navigation du Rhône :
  - interruption totale de la navigation sur le Rhône jusqu'au 26 janvier 2004, puis, fonctionnement en alternat jusqu'au 4 juin 2004;
  - interruption de la circulation des trains sur le pont de la Voulte, jusqu'au 25 janvier;
  - coupure de la conduite de gaz située sur le côté du pont ;
  - évacuation des populations concernées lors de l'enlèvement des barges.

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

# 3- Les investigations réalisées

Dès la décision d'engagement de l'enquête prise, les enquêteurs du Conseil Général des Ponts et Chaussées se sont rendus sur le site de l'accident pour examiner les barges et rencontrer les autorités administratives et judiciaires.

Les enquêteurs ont par la suite organisé une audition de l'équipage et des responsables de la CFT\* et de la SFPR\*. Les éléments utiles à l'enquête ont été réunis avec la coopération de l'ensemble des partenaires concernés (Compagnie Nationale du Rhône, Service de la Navigation Rhône-Saône, Inspection du Travail des Transports, CFT, SNCF, Météo France).

Les enquêteurs ont pu avoir connaissance des éléments de la procédure judiciaire relative à l'accident.

Ils ont enfin demandé au CETMEF\* d'engager une étude, appuyée sur une simulation numérique des conditions d'écoulement des eaux du Rhône, afin d'éclairer diverses questions relatives au déroulement de l'accident.

...

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

## 4- Déroulement de l'accident et analyse

#### 4.1- Formation et progression du convoi

Le convoi, initialement constitué du pousseur « Le Redoutable » et de la barge « Annemasse » chargée d'environ 2000 tonnes de benzène, a quitté Lavéra le 17 janvier 2004. Il a franchi l'écluse de Chateauneuf le 18 janvier à 0h50. Vers 3h15, à la tête de l'écluse du Logis-Neuf (en aval de l'écluse), la barge « Bourgogne », chargée de conteneurs, qui avait été laissée à cet endroit par un autre convoi le 15 janvier 2004, a été ajoutée au convoi. Cette prise en charge a été demandée par la CFT, et effectuée après un contact téléphonique entre le capitaine et le gérant de la société SFPR qui exploite le « Redoutable ».

Le convoi, constitué par le pousseur et les deux barges, a été éclusé au Logis-Neuf entre 4h16 (entrée) et 4h27 (sortie).

L'heure de sortie de l'écluse indiquée par l'équipage du « Redoutable » (4h40) est compatible avec l'indication de l'éclusier, compte tenu du temps de désamarrage et de sortie du sas. Pour une arrivée à 6h devant le pont ferroviaire de la Voulte, cela fait un trajet de 13.5km à une vitesse moyenne de 10km/h. Cette vitesse est élevée mais cohérente avec ce qui est observé pour des convois semblables dans des situations analogues ( par exemple, convoi constitué du Silex, de la Drome et de la Lavera le 9 avril 2001 pour 3300m³/s à une vitesse moyenne de 9.9km/h.).

Cette vitesse de 10km/h est à ajouter à la vitesse du courant pour évaluer la vitesse du convoi par rapport à l'eau. Si on évalue à 2.5m/s la vitesse moyenne du courant sur une section courante, soit 9km/h, la vitesse du convoi par rapport à l'eau est de l'ordre de 19km/h.

#### 4.2- Scénario de l'accident

Pour reconstituer le déroulement de l'accident au droit du pont de La Voulte, les enquêteurs ont pu rencontrer les membres de l'équipage et les responsables de la CFT, prendre connaissance des déclarations faites dans le cadre de l'enquête judiciaire, et consulter plusieurs documents : un rapport daté du 19 janvier 2004, rédigé par un bureau d'expertise présentant les « premiers renseignements recueillis auprès d'un matelot « en état de choc », une déclaration d'accident de travail (formulaire CERFU) datée du 20 janvier 2004 et le rapport, daté du 23 mars 2004, établi par le conseiller de sécurité pour le transport des matières dangereuses auprès de la SFPR. Les schémas illustrant les différentes phases de l'accident (présentés en annexe 7) utilisent des supports établis par la CFT.

Le convoi se présente le 18 janvier vers 6 heures devant le pont de la Voulte (schéma n°1). Le second, qui est à la barre, est assisté de deux matelots. Il demande à un des matelots d'aller à l'avant du convoi pour assurer le guidage. Le convoi s'engage entre les deux piles du pont, en prenant une orientation vers la gauche (schéma n°2) pour anticiper le courant traversier qui, derrière les piles du pont, doit pousser vers la rive gauche du fleuve.

Le courant se renforçant entre les piles du pont, le convoi commence à ralentir. Les moteurs sont poussés au maximum de leur puissance. Le pilote constate que le convoi ralentit de plus en plus, jusqu'à se trouver totalement stoppé. Le convoi est alors passé au trois quarts environ (schéma n°3).

Poussé par le courant transversal, le convoi se décale vers sa droite (c'est à dire vers la rive gauche). Comprenant qu'il ne pourra pas dépasser complètement le pont, le pilote décide d'échouer l'avant du convoi sur la rive gauche. L'avant du convoi s'échoue sur la rive, l'arrière s'appuie sans choc important contre la pile P2 du pont (schéma n°4).

L'effort du courant sur le convoi est tel que le brêlage entre les deux barges casse à tribord.

La « Bourgogne » pivote et se replie contre l'« Annemasse ». Le pousseur se retrouve au travers du courant commence à gîter fortement en embarquant de l'eau. L'équipage au repos est réveillé. A 6h35, un SOS est envoyé avec la VHF du pousseur vers l'écluse de Beauchastel, puis il y a l'évacuation vers l'« Annemasse » de tout l'équipage (à l'exception du matelot qui a été envoyé vers l'avant du convoi).

C'est à ce moment qu'ils entendent les appels au secours de ce dernier venant du fleuve. Il n'est pas possible de lui porter secours. Les brêlages du pousseur cassent l'un après l'autre alors qu'il coule (schéma n° 5).

Les barges sont alors côte à côte en biais, entre la pile P2 et la berge.

Vers 11h, soudainement, les barges se décrochent de la berge malgré l'ancre de l'« Annemasse » mouillée pour les maintenir en place, et celles-ci se retrouvent en position finale appuyées sur les deux piles P1 et P2 du pont (schéma n°6).

Il est à noter que l'avant de l'« Annemasse » s'est buté contre la pile oblique du pont à moins d'un mètre de la proue ; si l'avant de l'« Annemasse » n'avait pas été ainsi retenu, les barges auraient pu dériver sur le Rhône.

#### 4.3- La remise en navigation du Rhône

La présence des deux barges en travers d'une arche du pont de la Voulte, l'une de ces deux barges étant chargée de matière dangereuse, faisait courir un risque aux personnes habitant dans la zone. L'enlèvement des barges s'est déroulé entre le 18 et le 25 janvier 2004. Pendant cette période les mesures de restrictions suivantes ont été décidées :

- > interruption totale de la navigation,
- > interruption totale de la circulation des trains sur le pont de la Voulte,
- > interruption du transport de matières dangereuses sur la ligne SNCF rive droite,
- > coupure totale ou partielle de la conduite de gaz située sous le pont SNCF
- > pendant la phase la plus délicate de l'enlèvement de la barge « Bourgogne », évacuation des personnes résident dans un rayon de 500m autour du chantier.

Dans le cadre de la cellule de crise, le préfet de l'Ardèche a confié le pilotage de l'enlèvement physique des barges à la DDE\* de l'Ardèche et celui de l'opération de transvasement du benzène au représentant du service navigation Rhône-Saône ; le transvasement a été effectué par la CFT, et le sauvetage des barges par des sauveteurs professionnels appelés par la CFT et ses assureurs.

La force du courant ne permettait pas d'envisager un simple remorquage des barges et l'utilisation de moyens de traction depuis la terre a dû être prévue.

Après une phase de travaux préparatoire sur la rive gauche, l'évacuation de la barge « Bourgogne » s'est effectuée le 23 janvier 2004 grâce à l'utilisation de moyens terrestres. Cette phase délicate a nécessité l'évacuation de 500 personnes dans un périmètre de 500 m autour du chantier.

Pendant ce temps, la barge « Condrieu », simple coque, a été dégazée, inertée à l'azote et acheminée depuis Fos pour rejoindre le site le 24 janvier 2004 vers 15h. Les opérations de transvasement de la cargaison de benzène ont été réalisées de 20 h le 24 janvier 2004 à 9 h 30 le 25 janvier 2004. La barge « Annemasse », inertée à l'azote, a alors été évacuée, selon le même mode opératoire que la barge « Bourgogne » le 25 janvier 2004 à 15 h.

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

La remise en navigation a été effective, sous un régime d'alternat, dès le 26 janvier 2004.

Le pousseur « Redoutable », immergé dans le chenal de navigation, a été retiré de celui-ci, avec l'accord de la justice le 17 mars 2004 et acheminé à Arles pour expertise.

Une campagne de bathymétrie, effectuée le 24 mars 2004 par la CNR, a mis en évidence un point haut en limite du chenal à l'amont du pont, susceptible de créer un danger pour la navigation sous certaines conditions du niveau d'eau. Cet atterrissement a été évacué le 1<sup>er</sup> juin 2004 après accord des autorités judiciaires.

Après une ultime campagne de bathymétrie, la signalisation initiale a été remise en place et la navigation rétablie dans des conditions normales le 4 juin 2004.

#### 4.4- Analyse du scénario d'accident

#### 4.4.1- Reconstitution des chocs et contacts

#### barge « Bourgogne »

Le fond de la coque de la Bourgogne porte des traces importantes de ragage\* longitudinales et biaises, avec une légère déformation de la coque ; des traces de ragage longitudinales et biaises sont également visibles à l'arrière.

#### barge « Annemasse »

L'examen du côté droit de la barge « Annemasse » (voir photos et schéma de repérage en annexe 5) fait apparaître quatre marques liées à des chocs, dont les points centraux sont désignés M1 à M4 :

- ➤ La marque M1 (photo) est un enfoncement avec déchirure ouverte de la coque ; son centre est situé à 2,4 m de hauteur au dessus du fond de la barge, et à 24, 70 m du tableau arrière. La brèche dans la coque en forme de T, de 2,10 m de largeur et 0,90 m de hauteur environ, semble résulter de l'enfoncement d'un coin. Elle se prolonge vers le bas par un enfoncement de forme générale verticale, sur 2 m de haut environ.
- > La marque M2 est située à 6 m de la marque M1 vers l'arrière ; elle se présente sous la forme d'un enfoncement de la coque, de forme générale verticale, s'étendant en hauteur de 1,20 à 2,30 m au dessus du fond, plus profond dans sa partie haute.
- La marque M3 est un enfoncement du bordé supérieur, se situant à 1,30 m à l'arrière de la marque M2. L'enfoncement est oblique et a été imprimé d'arrière en avant.
- ➤ La marque M4 se situe vers l'avant de la barge (à 42 m du tableau arrière) et au dessus de la ligne de flottaison ; cette marque est liée à l'intervention d'un pousseur lors du dégagement de la barge.

Par ailleurs, un enfoncement de la coque avec traces de frottements est visible entre les points M1 et M2.

Sous la coque, des traces importantes de ragage longitudinal et transversal (avec déformation) sont visibles à l'avant.

#### <u>Interprétation</u>:

Ces traces, en particulier les traces de choc sur l'« Annemasse », permettent de confirmer le scénario de la fin de l'accident.

Les marques M1, M2, M3 correspondent spatialement aux points S1 (pointe avant), S2 (pointe latérale) et S3 (emplacement de l'épaufrure observée sur la pile) figurés sur le schéma de la

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

pile P2 en annexe 6.

Le premier contact entre l'« Annemasse » et la pile s'est effectué à peu près simultanément aux points M3 contre la pile oblique (en S3), et M2 contre la pointe latérale S2 du capotage de la pile P2. La marque laissée en M3 montre que le convoi était en train de reculer à faible vitesse. L'avant de la « Bourgogne » était alors peut être déjà en contact avec la rive, ou proche de l'être.

Lors de la rupture du brêlage, l'« Annemasse » a pivoté sur la droite et est entrée en contact au point M1 avec la pointe avant S1 du capotage de la pile P2. La distance entre les marques M1 et M2 correspond à la longueur de l'arête avant du capotage (soit 6 m). On peut noter qu'au soir de l'accident aucune voie d'eau n'a été observée dans la coque, et que la déchirure de cette coque au point M1 ne s'est donc vraisemblablement produite que le lendemain.

En ce qui concerne les traces de ragage sur le fond des coques des deux barges, les traces biaises et transversales sous la «Bourgogne», et sous l'avant de l'« Annemasse», paraissent vraisemblablement liées aux contacts successifs avec la rive lors de l'accident puis lors des manoeuvres de dégagement.

Il est difficile d'attribuer de manière précise les traces de ragage longitudinales à des épisodes de l'accident (y compris un éventuel contact avec un haut fond), ou à des évènements antérieurs. Le heurt de blocs rocheux de grande dimension aurait probablement entraîné des dommages plus importants que ceux constatés.

#### 4.4.2- Hypothèses concernant le ralentissement et la perte de contrôle du convoi

Alors que la progression du convoi avait été normale jusque là, les témoignages recueillis évoquent un ralentissement du convoi lors du passage sous le pont, conduisant à un arrêt de la progression et au rabattement de l'avant du convoi contre la rive du Rhône.

Sur la base des informations fournies par Météo France, le vent ne semble pas avoir joué de rôle.

Les hypothèses suivantes peuvent être envisagées :

- > mauvais positionnement du convoi à l'abord du pont ;
- > contact avec un haut fond présent dans le chenal;
- > perte de puissance du moteur ;
- > corps étranger dans les hélices.

Une perte de puissance des moteurs est possible, mais n'est pas explicitement évoquée par les récits des acteurs.

L'interaction d'une hélice avec un corps étranger ne peut dans le cas présent être vérifiée.

Les deux premières hypothèses sont examinées ci après en 5.1.5 et en 5.2.3

#### 4.4.3- Facteurs à prendre en compte pour des orientations préventives

Le déroulement de l'accident conduit à identifier quatre catégories de causes qui ont pu déterminer ou influencer l'accident et sa gravité :

- > les facteurs liés à la navigation ;
- > les facteurs liés aux bateaux :
- > les facteurs liés aux conditions de travail ;
- > les facteurs liés au pont ferroviaire de La Voulte.

L'examen des mesures utiles pour éviter la répétition d'accidents similaires est présenté ciaprès pour ces quatre domaines.

#### 4.5- Précédents accidents comparables

#### 4.5.1- La connaissance générale des accidents et incidents de transport fluvial

Dans un contexte culturel de tradition orale, le recueil systématique des données sur les accidents et incidents est récent et incomplet ainsi que le rapport sur l'exercice des missions de l'Etat en matière se sécurité des bateaux de navigation intérieure, de MM Pierron et Hamon (rapport CGPC d'août 2000), l'avait déjà souligné. Depuis, la DTT\*, devenue DGMT\*, s'emploie à y remédier. Un nouveau dispositif de collecte informatisé est d'ailleurs en cours d'élaboration à sa demande par le CETMEF (projet CANAF\*).

Dans ces conditions, on comprendra que pour le réseau Saône/Rhône seules les données collectées depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2001 soient significatives et exploitables. A leur lecture, on constate le relevé en 2001 de 50 accidents ou incidents signalés, faisant 4 morts et 8 blessés ; ces chiffres, en 2002, sont de 65 accidents ou incidents ayant faits 2 morts et 20 blessés et en 2003 une baisse sensible se manifeste avec 40 accidents et incidents n'ayant provoqué que 5 blessés. Bien qu'une proportion significative de ces cas soit imputable à la navigation de plaisance, la fréquence des accidents est loin d'être négligeable, y compris pour des accidents similaires à celui qui nous intéresse ici (collision avec un pont par un bateau de transport) qui sont au nombre de 8 sur ces 3 mêmes années. D'ailleurs, un accident de ce type est encore survenu le 13 janvier 2004 lorsque le convoi composé du pousseur « Jean Bart » et de la barge porte-conteneurs « Apus » est venu heurter le pont « Maréchal Juin » en descendant la Saône dans Lyon, avec des dommages assez limités à la barge et au pont.

D'une façon plus générale, en ce qui concerne l'aspect accident du travail caractérisé par la disparition d'un matelot lors de l'accident de La Voulte, des recherches entreprises par l'inspection du travail des transports ont permis de retrouver deux accidents mortels de même nature que celui qui nous intéresse ici, survenus en 1988 et 1991 sur l'Oise et la Seine, où à chaque fois un matelot s'est noyé après être tombé d'une barge, dans l'obscurité, en période de crue et sans être doté d'un équipement de sécurité collectif ou individuel.

#### 4.5.2- Accidents au pont ferroviaire de La Voulte

La mémoire collective des bateliers fait état de la collision d'un pousseur avalant avec le viaduc de La Voulte en 1976 ; le pousseur aurait perdu sa cheminée contre le tablier du pont, faute de tirant d'air en période de hautes eaux du Rhône. Les recherches menées n'ont pas permis, à ce jour, d'en savoir plus sur cet accident matériel.

Tel n'est pas le cas pour un autre accident beaucoup plus grave survenu en 1985.

Le 12 mai 1985 vers 16 heures, un bateau à passagers avalant, le « Cornelis W. Kroes » dit aussi « Fleur du Rhône », en se présentant pour passer sous la 2éme arche du viaduc (à partir de la rive droite), et probablement suite à une erreur de manœuvre de son commandant qui aurait sous estimé la force du courant du Rhône en crue (3540 m³/s à Beauchastel), a heurté par bâbord la pile N°3 du viaduc. Le bateau vide de passagers, sérieusement endommagé dans cette collision, après évacuation de ses 24 membres d'équipage, a fait l'objet d'une tentative de dégagement malheureuse qui s'est soldée par son naufrage.

Ce bateau de croisière néerlandais, pouvant transporter 143 passagers en version hôtelière ou 250 personnes en version promenade de jour, avait été autorisé le 26 mars 1985 par la commission de sécurité de Lyon à naviguer sur le Rhône. Son commandant était passé à 8 reprises depuis cette

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

date à La Voulte, les 4 premières fois avec l'assistance d'un pilote ayant l'expérience de la navigation du Rhône, mais c'était probablement son premier passage en période de plus hautes eaux navigables.

Cet événement confirme en tout cas la difficulté à négocier ce passage du viaduc de La Voulte lors d'un épisode de crue du Rhône.

#### 4.5.3- Autres accidents sur le Rhône.

Il convient aussi de signaler l'accident survenu, après celui de La Voulte, le 12 février 2004 à Pierrelatte contre le pont de la RN 7 franchissant le canal de dérivation du Rhône de Donzère-Mondragon.

A 3 heures du matin le 12 février, un bateau automoteur méthanier de 2300T, le « Passaat », descendant le Rhône à vide (mais non dégazé ainsi que l'ADNR\* le permet), a heurté violemment ce pont de la RN 7 en lui occasionnant des dégâts importants et en subissant des dommages sérieux (coque déchirée sur 7 mètres, trous sur tribord et bâbord).

La cause de cette collision serait le déport du bateau dû à de fortes rafales de Mistral (force 7); on note cependant que ce bateau avait déjà commis une infraction aux règles de navigation en s'engageant quatre heures auparavant, malgré un feu au rouge, et dans l'obscurité ( l'éclusier n'ayant pas encore allumé l'éclairage de l'écluse), dans l'écluse de Beauchastel située au nord de La Voulte. Étant ensuite sorti de cette écluse à 23h24, le « Passaat » a ainsi parcouru la distance de Beauchastel à Pierrelatte ( y compris le franchissement de l'écluse de Logis-Neuf ) en à peine plus de 3h30 et de nuit...

On constate donc, au total sur le réseau rhodanien du 1<sup>er</sup> janvier 2001 au 12 février 2004, onze collisions avec des ponts, de bateaux ou convois de commerce dont, au moins, trois concernent des transports fluviaux de matières dangereuses, événements qui ne sont donc pas si rares et nécessitent de s'interroger sur la fiabilité des mesures de prévention existantes, particulièrement dans la perspective des risques potentiels encourus.

#### 4.5.4- L'accident de Richemont (16 janvier 1982)

Le 16 janvier 1982 vers 21h15, le convoi composé du pousseur « Metz » et des barges « CFNR 403 » et « Le Rhin 289 » chargées de plus de 2.700 T de barityne, en navigant sur la Moselle est entré en collision avec une pile supportant un gazoduc de la centrale sidérurgique de Richemont.

Survenant dans le brouillard, la nuit et dans un passage difficile à négocier (succession d'ouvrages) le heurt du convoi contre une pile supportant le gazoduc entraîna l'effondrement et la rupture de ce dernier.

Le gaz à usage industriel répandu – oxyde de carbone – provoqua le décès des 7 membres d'équipage et l'intoxication des sauveteurs dont 19 pompiers et des gendarmes, dont un fût admis en réanimation, très tardivement alertés sur la nature des risques encourus ; le bilan aurait pu être encore plus dramatique si la nappe de gaz n'avait pas dérivé en dehors des zones habitées.

Les principales recommandations formulées par la commission d'enquête dans son rapport du 25 juin 1982 méritent d'être rappelées ici :

- > rendre lumineux les panneaux de balisage des ouvrages lorsque la navigation nocturne est fréquente ;
- > tirer les conséquences des possibilités d'agression extérieure contre des gazoducs franchissant d'autres infrastructures de transport ;

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

> revoir les systèmes d'alerte et les mesures à prendre en cas d'accident.

Cet accident, le plus grave pour la navigation fluviale française durant les 30 dernières années, doit être pris en compte lors de la formulation des conclusions de la présente enquête car de nombreuses similitudes existent entre ces deux cas.

# 5- Facteurs lies à la navigation

Les facteurs liés à la navigation comprennent d'une part les conditions de courant et de navigation dans le chenal, et d'autre part les conditions de viabilité du chenal navigable. Leur examen vise à éclairer deux hypothèses concernant l'arrêt et la perte de contrôle du convoi lors du passage sous le pont de La Voulte :

- > celle d'un mauvais positionnement du convoi à l'approche, compte tenu des conditions de navigation rencontrées ;
- > celle d'un contact avec un haut fond qui aurait été présent dans le chenal, à examiner en fonction des résultats des levés bathymétriques.

Des analyses techniques effectuées sur ces thèmes par le CETMEF, à la demande des enquêteurs, sont présentées ici.

#### 5.1- Les conditions de navigation sur la période de l'accident

#### 5.1.1- Conditions par rapport aux plus hautes eaux navigables

L'accident, et le voyage qui l'avait précédé, se sont déroulés en période de fort courant, alors que le débit du Rhône était proche de celui correspondant aux plus hautes eaux navigables. L'article 4 du règlement particulier de police de la navigation Saône et Rhône prévoit, en cas de dépassement des PHEN\*, une interdiction de la navigation de plaisance et des restrictions pour le trafic de passagers. Il n'édicte aucune règle contraignante pour le trafic commercial, y compris pour les marchandises dangereuses. Il appartient à l'armateur et au capitaine du convoi de décider de la possibilité d'effectuer sans danger le voyage prévu.

Ainsi les PHEN ne constituent un seuil réglementaire que pour les bateaux à passagers ; elles ne préjugent pas de l'apparition d'un risque lié à la sécurité de la navigation, étant principalement calées sur les cotes des appontements utilisés par les passagers. Pour certains autres usagers de la voie d'eau, l'information sur les PHEN est utilisée comme une indication de tirant d'air disponible sous les ponts.

Pendant la période qui a précédé l'accident, on peut noter que les PHEN avaient été franchies jusqu'au 17 janvier à 8h, heure à laquelle elles avaient été levées pour les biefs de Beauchastel et Logis-Neuf. Elles ont été rétablies pour ces mêmes biefs une heure après l'accident, le 18 janvier à 7h et de nouveau levées le 21 janvier à 19h.

#### 5.1.2- Les débits

Une courbe donnant les débits horaires moyens au droit du pont de la Voulte, du 17 janvier à 18h au 18 janvier à 12h, nous a été remise. Ce débit est constamment compris entre 3000 et 3300 m³/s et donc inférieur au débit de 3400 m³/s correspondant aux PHEN dans les biefs de Logis-Neuf et de Beaucastel. Nous disposons également d'enregistrements continus aux écluses de Logis-Neuf et de Beauchastel.

Ces enregistrements sont d'interprétation difficiles et ne permettent pas de juger, sans explication complémentaire, le bien fondé de la levée des PHEN le 17 janvier à 8h et leur rétablissement le 18 janvier à 7h. Ils montrent en particulier que le débit de 3400m³/s était fréquemment dépassé pendant les périodes ou les PHEN étaient levées. Ils font en outre apparaître certaines variations rapides du débit qui peuvent avoir joué un rôle lors de certaines phases du déroulement de l'accident (On relève une augmentation importante du débit entre 10h et 11h le 18 janvier à l'écluse de Logis-Neuf qui peut être la conséquence de manœuvres de nettoyage de barrage

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

et ont peut-être causé le brusque mouvement du convoi qui a été déplacé de la rive vers les piles vers cette heure là). La variabilité du débit ne paraît pas plus grande pendant l'accident (entre 6h et 7h, le 18 janvier) qu'au cours des périodes qui ont précédé et suivi l'événement.

#### 5.1.3- La vitesse du courant

La vitesse du courant est directement corrélée au débit. Il a paru intéressant de réaliser un jaugeage au droit du pont de la Voulte pour essayer de déterminer la vitesse du courant au moment de l'accident. Ce jaugeage n'a pu être mené à bien que le 13 février 2004, alors que le débit du Rhône était tombé à 1350 m³/s, dans des conditions donc notablement différentes de celles de l'accident. La vitesse mesurée dans la passe navigable rive gauche a été de l'ordre de 1,6 m/s. Pour déterminer la vitesse moyenne pour un débit de 3100 m³/s correspondant à celui du moment de l'accident, un modèle mathématique de la relation entre le débit et la vitesse moyenne peut être utilisé; il permet d'estimer la vitesse moyenne dans la passe navigable rive gauche à 3.6m/s environ dans les conditions de l'accident, environ 50% plus élevée que la vitesse moyenne dans une section courante du fleuve.

Si l'on compare cette vitesse de courant dans le passage du pont à la vitesse moyenne du courant pendant le parcours du convoi entre Le Logis Neuf et La Voulte, soit 2,5 m/s environ, la différence est d'environ 1 m/s soit 3 à 4 km/h.

L'accélération du courant au niveau du pont aurait ainsi ramené de 10 km/h à 6 ou 7 km/h environ la vitesse du convoi par rapport à la rive ; elle ne peut cependant à elle seule expliquer l'arrêt de la progression.

Ces évaluations restent très incertaines, d'une part parce que la méthode d'extrapolation pour passer d'une mesure faite pour un débit de 1350 m³/s à un débit plus que double est grossière, d'autre part parce que les mesures de jaugeage elles-mêmes étaient perturbées par la présence de l'épave du pousseur.

Des mesures de direction du courant par rapport à l'axe du Rhône ont également été faites, qui pourraient permettre d'évaluer une composante transversale du courant dont il nous a été dit qu'elle constituait un élément important de la difficulté du passage du pont de la Voulte. Elles confirment la présence du courant traversier mais restent malheureusement d'interprétation difficile compte tenu des modification au champ de courant liées à la présence de l'épave du pousseur pendant ces mesures.

#### **5.1.4-** Simulations réalisées par le CETMEF

Deux éléments de l'accident ont nécessité une étude des conditions de navigation au moment de l'accident : la difficulté rencontré par l'équipage du convoi pour franchir le pont de la Voulte, et la rupture du brêlage lorsque le convoi s'est trouvé en biais entre le pont et la berge. Cela a conduit a demander une expertise au CETMEF.

Cette expertise a commencé par des mesures in situ pour caler son modèle de manœuvre de navires sur un convoi de caractéristiques similaires à celle du convoi accidenté et des études courantométriques sur modèle mathématique permettant de déterminer le champ des courants semblable à celui du jour de l'accident. Le CETMEF a ensuite procédé à des simulations mathématiques du passage du convoi sous le pont, évalué les efforts susceptibles de gêner son avancement au dessus du haut fond et déterminé les contraintes qui se sont exercées sur le brêlage entre les deux barges du convoi après son échouement sur la berge du fleuve. Les résultats de ces études sont exposés ci-après.

#### 5.1.5- Trajectographie et hypothèse d'un mauvais positionnement au droit du pont

L'étude trajectographique du CETMEF a consisté à tester sur modèle numérique un grand

nombre de configurations de présentation du convoi arrivant devant le pont de La Voulte à une distance de 150 ou 180 m du pont ; les paramètres variables étaient la puissance machine, la vitesse, la direction et la position dans le chenal.

Au total, 924 essais ont été réalisés. Ils ont montré que le taux de réussite (franchissement du pont en restant dans le chenal) diminue fortement pour les vitesses initiales de présentation faibles et ont mis en évidence la difficulté de la manœuvre: une mauvaise présentation du convoi peut difficilement être rattrapée après engagement dans la passe, et tout ralentissement pour tenter de se repositionner ne peut que réduire la manoeuvrabilité du convoi.

Comme le font apparaître les schémas 1 et 2 des phases de l'accident, le convoi doit normalement se présenter dans le chenal de manière à pouvoir obliquer à gauche sous le pont afin d'anticiper le léger virage du chenal à la sortie, et le courant traversier qui apparaît dans cette zone.

Un positionnement trop à droite en entrée, ou une anticipation insuffisante du virage à prendre, peuvent conduire à la situation du schéma 3 où la pile P2 trop proche ne permet plus la correction de la trajectoire.

Les témoignages recueillis des membres de l'équipage n'étayent pas ce scénario qui ne peut donc pas être confirmé ; il ne peut cependant pas être exclu.

#### 5.1.6- Conditions de rupture du brêlage entre les deux barges

Une autre étude engagée par le CETMEF a porté sur les efforts auxquels a été soumis le convoi alors que son avant était échoué sur la berge et que la partie arrière s'appuyait sur la pile du pont.

Cette étude a conduit à une évaluation des tensions dans les câbles de brêlage entre les deux barges du convoi, en fonction des efforts exercés par le courant sur le convoi bloqué en position oblique. Elle confirme que ces tensions étaient telles que les câbles de brêlage ne pouvaient résister.

#### 5.1.7- Orientations pour la prévention

Le franchissement du pont ferroviaire de La Voulte constitue un passage délicat pour les convois fluviaux en période de hautes eaux. Pour les transports de matières dangereuses particulièrement, il paraît utile d'étudier des restriction à la navigation dans de telles conditions ; des facteurs tels que le débit du Rhône, le nombre de barges du convoi, les conditions nocturnes, pourraient être envisagés.

Plus généralement, la politique du SNRS\* en matière d'évaluation et de prévention des risques liés aux transports de matières dangereuses devrait être développée, en s'appuyant sur les conclusions des études déjà réalisées à sa demande ; elle pourrait porter sur le suivi spécifique des bateaux concernés, la coopération avec les services de secours, l'organisation d'un retour d'expérience sur tous les évènements significatifs.

#### Recommandation R1 (SNRS, DGMT/MMD\*):

Réexaminer les conditions de navigation pour les convois transportant des matières dangereuses sur le Rhône en période de difficultés particulières pour la navigation, et le cas échéant restreindre ou interdire ces transports dans de tels cas.

Développer la politique de prévention des risques liés aux transports de matières dangereuses.

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

#### 5.2- Chenal navigable et bathymétrie

#### 5.2.1- Implantation du chenal

Au passage du pont SNCF de La Voulte, le chenal navigable, tel qu'il apparaît sur les cartes de navigation, se divise en deux branches, chacune d'entre elles empruntant les deux passes du pont. Le pont est à peu près perpendiculaire à l'axe du fleuve, mais le chenal navigable est légèrement biais, en préparation d'une boucle du fleuve qui se trouve en amont. Cet angle formé par le chenal avec l'axe du fleuve est accentué sur son bord rive gauche (à droite de la voie montante dans le sens du mouvement du navire le jour de l'accident) par la convergence des deux branches. L'angle formé par le bord du chenal avec la perpendiculaire au pont est de l'ordre de 6°, de sorte qu'un convoi de 180 m de long, qui se trouverait sous le pont au bord rive gauche du chenal, perpendiculaire au pont et dont l'avant dépasserait de 150m le pont, serait sorti du chenal sur environ 15m.

Il est donc indispensable, comme le pratiquent tous les utilisateurs de la voie d'eau, d'anticiper le mouvement et de commencer le virage à gauche avant de franchir le pont ; la présence du courant traversier renforce la nécessité de cette anticipation.

#### **5.2.2- Données bathymétriques**

Pour évaluer la profondeur du chenal et de ses abords au moment de l'accident, on dispose, pour la zone située aux abords immédiats du pont (entre 50m en aval et 50m en amont) de levés réalisés en novembre 2003, peu de temps avant l'accident et de levés effectués immédiatement après par la SNCF (quotidiennement entre le 25 et le 30 janvier 2004). Ces levés ne couvrent pas la zone où un contact du convoi avec le fond paraît envisageable. Ils sont cependant intéressants car ils permettent d'évaluer les variations possibles de la cote du fond. On remarque en particulier un rehaussement important du fond en aval de la pile 2, éventuellement lié à la présence de l'épave du pousseur. Un haut fond apparaît également entre le 27 et le 28 janvier, en bordure du chenal à 50 m de l'axe du pont. Cependant la formation de ce haut fond apparaît directement liée à des modifications importantes des conditions d'écoulement dans cette zone (enlèvement des barges les 24 et 25 janvier, et clapage\* d'enrochements du 25 au 28 janvier) ; ces résultats paraissent donc difficiles à utiliser pour décrire la situation du 18 janvier.

Pour connaître les profondeurs sur la zone où s'est produit l'accident, il faut consulter une carte globale levée le 18 décembre 2002. L'examen de cette carte montre que la profondeur dans le chenal navigable est partout très notablement supérieure à celle qui est garantie.

Un nouveau levé a été réalisé les 23 et 24 mars 2004.

L'examen des levés de 2002 et 2004 montre que la topographie des fonds a peu évolué, hormis en rive gauche autour du pont SNCF, où des fosses et des exhaussements des fonds apparaissent. Un point haut atteignant la cote 87,75 a été notamment mis en évidence en bordure du chenal navigable en amont du pont SNCF (à 86 m environ de l'axe du pont). L'engagement concerne une surface de 3 à 4 m² en limite du chenal navigable.

#### 5.2.3- Hypothèse d'un contact du convoi avec le haut fond repéré en 2004

Au moment de l'accident, la hauteur d'eau au dessus de ce point haut était de 3.75m environ. Mais en situation d'étiage, au niveau le plus bas envisageable, le mouillage serait de 2.78m, (donc inférieur à la valeur de 3m contractuelle). Cela a conduit la CNR a rechercher l'origine de ce haut fond, qui est apparu comme constitué d'enrochements dont les caractéristiques (dimensions, constitution et dégradation) sont similaires à celles des matériaux mis en place par la SNCF après l'accident au pied des piles du pont, pour les protéger du risque d'affouillement liés à la présence

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

des barges et de l'épave du pousseur à proximité immédiate des piles ; on peut ainsi penser que le haut fond pourrait être apparu à l'occasion de ces travaux.

Cette origine possible du haut fond n'est cependant pas acceptée par la SNCF. Il est à noter que le sous-traitant de la SNCF qui avait mis en place les enrochements a déclaré avoir observé, au moment de l'engagement de son chantier, le haut fond sus-mentionné. Il a relevé pour identification un bloc de masse comprise entre 4 et 6 t (qui ne pouvait donc provenir des matériaux qu'il mettait en place de granulométrie 100/400kg et 400/800kg).

Il reste que, même si ce haut fond existait au moment de l'accident, la profondeur disponible était supérieure au tirant d'eau des barges, estimé à 3.00m.

Un contact physique étant ainsi exclu, le CETMEF a examiné si un effet de sous-pression lié au haut fond lors du passage du convoi aurait pu contribuer à le ralentir ; l'étude a conclu que le haut fond, par sa dimension réduite, ne pouvait exercer un effet de ralentissement sensible.

On peut donc exclure que ce haut fond, tel qu'il a été observé lors du levé bathymétrique des 23 et 24 mars 2004, soit à l'origine du ralentissement puis de l'arrêt complet du convoi relaté par l'équipage.

Un contact avec un haut fond lors de l'accident du 18 janvier 2004 supposerait donc qu'une modification sensible des fonds du Rhône soit intervenue entre cette date et le levé de mars 2004.

# 6- Facteurs lies aux bateaux impliqués

#### 6.1- Le « Redoutable »

Le pousseur « Redoutable » a été construit en 1964 aux chantiers De Biesboch à DORDRECHT. Il appartient à la CFT, qui l'a louée en coque nue à la SEP Rhône 3. Son permis de navigation a été délivré en 1990 par la Commission de surveillance de PARIS, pour une puissance de  $2 \times 850 \text{ CV} = 1700 \text{ CV}$ 

Un plan de sondage des fonds a été établi par la société Méditerranéenne de Contrôle Industriel le 13 novembre 1995 à ARLES.

Une révision complète a été réalisée en 1997 : changement moteur, réfection de l'électricité, des arbres d'hélice et de la timonerie ; demande d'un nouveau permis de navigation

Un nouveau permis a été délivré le 4 novembre 1998, valable jusqu'au 13 novembre 2005 (limite décennale de la vérification des fonds). Les moteurs mentionnés sur le document sont des MITSUBISHI de 2 x 1260 CV.

Depuis cette date, il n'y a pas eu de présentation de nouveau dossier à la Commission de surveillance. Par contre, selon l'équipage, des changements de moteur sans changement de puissance ont eu lieu à plusieurs reprises, en 1999, puis en 2002 et en 2003. Au jour de l'accident, le moteur bâbord comptabilisait 11.000 heures de marche, et le moteur tribord seulement 850 heures. Aucun de ces changements de moteur n'avait été signalé à la Commission de Surveillance.

Après l'accident, l'épave du « Redoutable » a été tirée hors de l'eau le 17 mars 2003 et remise à flot ce même jour. La gendarmerie a récupéré les documents (papiers de bord conservés sous feuilles plastiques), mais il n'y avait pas de livre de bord. Il a été constaté que les gouvernes étaient toutes en position neutre. Le tirage a endommagé partiellement le bouclier de poussage, et tordu les hélices. Par contre le reste de la coque est intact et après vidange a pu flotter jusqu'à ARLES.

### 6.2- La « Bourgogne »

Cette barge a été construite en 2002 au chantier DAMEN SHIPYARD de GALATI en ROUMANIE.

Elle a été amenée sur le Rhône début 2003, et visitée par le Bureau VERITAS à LYON le 1<sup>er</sup> avril 2003 (sous le nom de « BORAN »). Son attestation de conformité a été délivrée par le bureau VERITAS le 2 avril 2003 (à l'exception des installations de gouverne et commandes à distance, « à vérifier en exploitation »)

Le dossier a été reçu par la Commission de surveillance dans les jours suivants, mais il est encore en cours d'instruction et n'avait pas encore donné lieu, au jour de l'accident, à la délivrance d'un document en bonne et due forme. Selon les intéressés, la procédure est courante, la possession d'un document VERITAS paraissant suffisante en termes de sécurité.

Début 2004, la barge aurait été vendue par CFT à la compagnie CMA-CGM\*. Aucune demande de changement de propriétaire n'était parvenue à la Commission de Surveillance avant l'accident.

#### 6.3- L'« Annemasse »

Elle a été construite par les CMN\* à Cherbourg en 2001. Elle appartient à la société CFT Location et est exploitée par la CFT.

...

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

Arrivée sur le Rhône en juillet 2002, elle a été classifiée VERITAS et attestée ADNR par un certificat provisoire le 20 juin 2002, valable jusqu'au 19 décembre 2002.

Une autorisation provisoire d'exploitation a été délivrée par le chef du Service navigation avec validité jusqu'au 19 décembre 2002.

La classification définitive VERITAS et l'attestation ADNR ont été délivrées le 2 décembre 2002, valables jusqu'au 19 juin 2007.

L'autorisation d'exploitation jusqu'à cette même date a été accordée par courrier du directeur du SNRS, qui mentionnait que: « les titres définitifs (certificat de bateau, permis de navigation et certificat d'agrément ADNR) seront établis dans les meilleurs délais ». Au jour de l'accident, ces titres n'étaient pas établis.

#### 6.4- Orientations pour la prévention

Les éléments issus du suivi administratif et technique des bateaux concernés ne font pas apparaître de facteur de risque anormal.

Néanmoins ils permettent de constater certaines défaillances dans le suivi des bateaux par la Commission de Surveillance, par rapport aux procédures réglementaires applicables. Selon les éléments communiqués aux enquêteurs, celles-ci sont largement liées à l'insuffisance des moyens dont disposent ces services pour exercer leurs missions de police de la navigation: ainsi, la commission de surveillance du Service Navigation Rhône-Saône ne disposait au moment de l'accident que de quatre agents pour ces missions, alors qu'elle doit couvrir le Rhône, la Saône et les rivières de leurs bassins.

Par ailleurs, il est clair que le suivi des bateaux assurant des transports de matières dangereuses est prioritaire sur le plan de la sécurité. On doit souligner ici que la double coque de l'« Annemasse » a parfaitement joué son rôle pour éviter toute fuite de benzène et prévenir un accident plus grave. Si l'accident s'était produit deux ans plus tôt avec la barge précédemment utilisée, une importante pollution par le benzène se serait produite.

La gravité des pollutions fluviales par le benzène a été récemment soulignée par le déversement accidentel de 100 t de benzène dans la rivière Songha et le fleuve Amour, survenu le 13 novembre 2005 lors d'une explosion à l'usine pétrochimique de Harbin en Chine.

Si le tonnage de benzène déversé lors de cet accident est exact, il apparaît qu'un accident d'une barge chargée de 2000 t (réparties en 7 cuves dans le cas de l'« Annemasse ») aurait pu avoir des conséquences encore plus lourdes.

Dans ces conditions, les enquêteurs formulent la recommandation suivante:

#### **Recommandation R2 (DGMT):**

Rappeler aux Services de la Navigation l'importance des missions de police de la navigation, notamment vis-à-vis des bateaux qui assurent des transports de matières dangereuses ; veiller à ce que ces services puissent l'assurer avec des moyens suffisants.

# 7- Facteurs liés aux conditions de travail

#### 7.1- Montage juridique de l'exploitation

L'exploitation du pousseur en cause fait l'objet d'un montage juridique complexe organisé par la CFT :

- ➤ La gestion de l'équipage du « Redoutable » est assurée par la SFPR, qui est une SARL\* associant le gérant agréé par la CFT et des salariés actionnaires.
- Une société en participation (SEP Rhône 3) est constituée par la CFT et la SFPR pour exploiter commercialement le « Redoutable ». Son gérant est ès qualité celui de la SFPR. La SEP Rhône 3 rémunère l'équipage du « Redoutable » sous forme d'un forfait mensuel payé à la SFPR, indexé sur la facturation du pousseur effectuée par la CFT.

Un contrat de location coque nue du « Redoutable » est conclu entre la CFT, propriétaire du pousseur, et la SEP Rhône 3, moyennant un loyer mensuel fixe incluant le loyer et l'assurance « corps » du bateau.

Un contrat de poussage est également passé le même jour ( 15 septembre 1999 ) entre la CFT et la SEP Rhône 3 par lequel cette dernière s'engage à effectuer toutes les opérations de poussage qui lui seront confiées par la CFT, et seulement celles-là, moyennant une rémunération comprenant un terme fixe journalier et un terme kilométrique variant selon les opérations réalisées. A noter une garantie de chiffre d'affaires consentie par la CFT pour 317 jours d'état de navigabilité du pousseur, en contre-partie de la clause d'exclusivité acceptée par la SEP, clause qui a pour conséquence que la facturation des transports effectués est le fait de la seule CFT.

Ces différents contrats, conclus pour 2 ans avec tacite reconduction, étaient tous en vigueur lors de l'accident. Ce montage juridique assure à la CFT un contrôle particulièrement étroit de l'exploitation du « Redoutable ».

Quatre pousseurs, dits « de route », sont exploités dans les mêmes conditions de soustraitance par la CFT sur le Rhône pour les longs parcours.

# 7.2- Habilitation de l'équipage

Sur le plan des qualifications nautiques requises pour la conduite d'un convoi poussé, les deux conducteurs embarqués sur le «Redoutable » lors de l'accident disposent des titres et conditions d'expérience les habilitant pour une telle activité.

Pour ce qui concerne la réglementation relative au transport de matières dangereuses par voie fluviale ( qui consiste principalement dans le décret du 14 juin 1995 introduisant en France le règlement pour le transport de matières dangereuses sur le Rhin – dit règlement ADNR – complété par un arrêté du 12 mars 1998, l'un et l'autre actualisés par le décret N°2003-240 du 7 mars 2003 et l'arrêté du 5 décembre 2003 qui visent à l'harmonisation des règles applicables au transport terrestre de matières dangereuses ) les deux personnes précitées détiennent le certificat ADNR requis d'expert ( formation de base ), obtenu ou validé depuis moins de 5 ans ; il en est de même de la « spécialisation chimie » correspondant à la nature des marchandises transportées. Cela est d'autant plus normal que le « Redoutable » et le « Silex » étaient les deux pousseurs spécialisés par la CFT pour ce type de trafic sur le Rhône.

En ce qui concerne la sécurité au travail, l'employeur a produit auprès de l'inspection du travail des documents par lesquels il atteste que la formation à la sécurité appropriée aux risques encourus au poste de travail ( article L 231-3-1 du code du travail ) a bien été dispensée . La

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

surveillance médicale appropriée a également été exercée.

Sur les autres aspects touchant à la réglementation des TMD\*, en dehors des formations et qualifications requises des personnels, il n'y a, apparemment, aucune remarque à formuler ; le rapport d'accident exigible à ce titre a d'ailleurs été produit par le conseiller à la sécurité dont dispose la CFT ( rapport et justificatif de désignation du conseiller ont été fournis par la CFT ).

#### 7.3- Chronologie des activités de l'équipage

Le régime de travail du personnel navigant de la batellerie fluviale est régi par le titre I du livre II du code du travail ainsi que par le décret N°83-1111 du 19 décembre 1983 pris pour son application, complété, le cas échéant, par des dispositions conventionnelles.

De cet ensemble, pour ce qui concerne des personnels navigant sur un pousseur, le cadre suivant est applicable à l'exploitation du « Redoutable » :

- > une durée de travail consécutive sans pause limitée à 6 heures ;
- > une durée de travail quotidienne de travail effectif limitée à 12 heures ;
- > un repos journalier d'au moins 6 heures consécutives ;
- > une alternance de périodes de travail et de repos, cette dernière incluant un repos hebdomadaire d'au moins 35 heures, sous forme de cycles.

En l'absence du registre spécial tenu à jour par le chef de bord, perdu dans le naufrage du « Redoutable », les déclarations concordantes de l'employeur et de l'équipage permettent de penser que l'exploitation du pousseur en cause était bien calquée sur ce schéma, avec des embarquements d'une semaine séparés par une semaine de repos et des quarts de 6 heures, le tout assuré par deux équipes totalisant 11 personnes, dont les doublons exigés par les règles applicables à la conduite s'agissant, en particulier, de transports de matières dangereuses.

Plus spécifiquement, pour le trajet qui nous intéresse ici, après une semaine de repos, les 5 personnes composant l'équipage de semaine avaient embarqué le jeudi 15 janvier 2004 à Péage de Roussillon pour ramener, à vide, la barge « Annemasse » à Lavera. Le vendredi 16 janvier, le convoi poussé « Redoutable » + « Annemasse » en charge avec 2.000 tonnes de benzène repartait à 6 heures de Lavera. La barge « Bourgogne », chargée de conteneurs gerbés sur 3 hauteurs, était prise en charge à l'aval de l'écluse de l'écluse de Logis Neuf où le convoi arrivait le samedi 17 janvier à 3h30 ; l'écluse était franchie à 4h40 et le convoi arrivait à l'endroit de l'accident vers 6heures.

L'ensemble de ce trajet aurait été effectué avec des alternances de quarts toutes les 6 heures comme décrit ci-dessus, sans incident particulier.

#### 7.4- Sécurité à bord des bateaux

Le corps de la victime, retrouvé le 4 mars 2004 dans un ouvrage de la CNR, ne portait pas de gilet de sécurité ; un tel gilet a été cependant été retrouvé à proximité du lieu de l'accident. On peut dès lors envisager deux hypothèses au moment de l'accident: celle où la victime portait un tel gilet mais ne l'avait pas attaché, et celle où elle n'en portait pas, le gilet retrouvé ayant alors été jeté à l'eau pour tenter de lui porter secours.

Aucun témoignage ne permet de reconstituer le scénario de la chute de la victime dans le Rhône ; en l'absence apparemment de choc violent contre la rive, d'autres causes (glissade, défaut d'éclairage...) peuvent être envisagées.

Par ailleurs, il convient de rechercher les dispositions propres à renforcer la sécurité à bord des bateaux ; le rapport du conseiller à la sécurité de la CFT et de la SFPR mentionne différentes

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

études en cours à la SFPR et la CFT (éclairage des chemins de passage, revêtements antidérapants, garde corps, disposition des bouées de sauvetage...).

#### 7.5- Orientations pour la prévention

La prévention doit bien sûr s'attacher, particulièrement dans le cas des transports de matières dangereuses, au strict respect des règles applicables aux conditions de travail et aux compétences requises des membres de l'équipage.

Dans le cas présent, l'accident ne paraît pas lié spécifiquement aux activités de transport de matières dangereuses, mais appelle un resserrement de l'application des consignes de sécurité et la recherche de nouveaux progrès.

La formation des pilotes doit prendre en compte les aspects spécifiques de la navigation sur le Rhône et les points difficiles qui peuvent s'y présenter.

La recherche de dispositions propres à renforcer la sécurité à bord a été évoquée en 7.4 cidessus.

#### **Recommandation R3 (CFT, SFPR):**

Rappeler régulièrement les consignes de sécurité applicables, notamment relatives au port obligatoire du gilet. Veiller à la bonne formation des pilotes vis-à-vis des conditions de navigation et difficultés spécifiques rencontrées sur le Rhône.

Poursuivre l'étude et la mise en place des moyens propres à réduire les risques de chute notamment de nuit.

# 8- Facteurs liés au pont ferroviaire de la Voulte

# 8.1- Historique et aménagement successifs de l'ouvrage

Le pont ferroviaire actuel de la Voulte a été mis en service en 1955. Il s'appuie sur les piles du précédent pont ferroviaire, arasées au dessus du niveau des eaux du Rhône.

La réalisation par la CNR de la chute de Baix le Logis Neuf, à la fin des années 1950, a eu pour conséquence une remontée du niveau du Rhône au droit du pont. La zone d'articulation entre les anciennes piles et les nouveaux appuis, pouvant se trouver sous l'eau en période de hautes eaux, devait être protégée contre des corps étrangers.

La CNR a pour cela conçu et réalisé en 1960 les capotages en forme de « diamant » recouvrant ces articulations.

Par ailleurs, Gaz de France a réalisé en 1983 une canalisation de transport de gaz naturel passant sur le côté du tablier du pont ferroviaire.

# 8.2- Capotage des articulations d'appui sur les piles

La forme « en points de diamant » des capotages réalisés par la CNR avait été retenue pour favoriser l'écoulement de l'eau et des corps flottants autour des piles.

Cependant, cette forme en points est apparue comme assez agressive vis-à-vis des bateaux qui se trouveraient en situation de dérive.

Avant le 18 janvier 2004, une telle situation s'était déjà produite lors de l'accident du « Cornelis W. Kroes » le 12 mai 1985 (cf. 4.5.2 ci-dessus), au cours duquel le bateau est dans un premier temps resté accroché et « plié » autour de la pile P3 du viaduc.

Au cours de l'accident du 18 janvier 2004, la barge « Annemasse » est venue s'appuyer contre les piles P1 et P2. Le contact s'est effectué à faible vitesse, la barge n'étant pas à la dérive dans le courant. Sa coque a cependant été poinçonnée, et finalement percée par la pointe du capotage le lendemain de l'accident. Elle n'a pu être déchargé que le 24 janvier. Fort heureusement, il s'agissait d'une barge à double coque, qui a évité une importe pollution du Rhône par le benzène.

L'expérience montre ainsi que les dérives de convoi fluvial ne peuvent être exclues sur un fleuve tel que le Rhône, et que la forme des capotages des piles du pont de la Voulte peut accroître les risques en cas d'accident. Il convient donc de modifier ces capotages, en rendant la pointe non agressive ou en la protégeant par un élément non agressif (tel qu'un duc d'Albe).

#### Recommandation R4 (CNR, RFF\*, SNCF):

Modifier ou protéger les capotages des articulations des piles du pont de La Voulte, pour les rendre non agressifs vis-à-vis d'éventuels convois dérivants.

#### 8.3- Canalisation de gaz naturel

Cette canalisation, d'une diamètre de 114 mm, transporte du gaz naturel sous haute pression (67 bars).

Elle est placée sur des supports accrochés, tous les 8 m environ, au flanc du tablier du pont ferroviaire (du côté amont).

Bien que n'ayant pas été directement concerné par l'accident, le transit du gaz a dû être interrompu compte tenu du risque d'incendie de la barge de benzène bloqué juste en dessous.

\_

<sup>\*</sup> terme figurant dans le glossaire

On peut rappeler que l'accident du Richemont en 1982 a été provoqué par le choc d'un convoi contre une pile portant un gazoduc, dont la rupture a entraîné le décès de tout l'équipage.

La conduite de la Voulte apparaît beaucoup moins vulnérable que celle de Richemont ; cependant deux types de risque fluvial peuvent être envisagés :

- > celui du choc direct d'un convoi fluvial dérivant : il n'y aurait de risque que si ce convoi était de plus largement hors gabarit, la conduite se trouvant à environ 10 m au dessus du PHEN ; mais des chocs avec des convois hors gabarit peuvent se produire (cas semble-t-il d'un pousseur qui aurait perdu sa cheminée à la Voulte en 1976)
- > celui d'un incendie consécutif à un accident.

#### Recommandation R 5 (CNR):

Étudier, sur la base de l'ensemble des informations de retour d'expérience disponibles sur les accidents de convois fluviaux hors gabarit, le niveau de risque d'occurrence d'un accident susceptible d'impliquer la conduite de gaz.

Effectuer un recensement des facteurs de risque présentés pour la navigation par les ponts sur le Rhône intéressant le chenal navigable.

# 9- Conclusions et recommandations

L'enquête technique a visé à préciser les causes de l'accident ainsi que les facteurs qui en ont influencé le déroulement ou la gravité, et à formuler des recommandations préventives.

L'accident est lié à un ralentissement et à un arrêt de la progression du convoi, alors que celui ci franchissait le pont de la Voulte. La cause directe de ce ralentissement n'a pu être identifiée précisément. L'hypothèse d'un contact avec un haut fond présent dans le chenal n'apparaît pas plausible à moins d'une évolution importante des fonds du Rhône entre l'accident et le levé bathymétrique de mars 2004. Celle d'une mauvaise présentation du convoi au franchissement du pont est contredite par les témoignages recueillis, mais ne peut-être écartée. Une défaillance des moteurs ou une interférence des hélices avec un corps étranger n'ont pas pu être vérifiées.

Plusieurs facteurs ont influencé la gravité de l'accident.

Parmi les facteurs favorables, on doit mentionner la structure à double coque de la barge « Annemasse » ; celle-ci a évité une pollution du Rhône par le benzène, qui aurait pu être très grave. Lors de la phase finale de l'accident, une dérive des barges sur le Rhône a été par chance évitée de justesse.

Parmi les facteurs défavorables, on peut citer :

- > la mauvaise attache du gilet de sauvetage, ou le défaut de port de ce gilet par la victime ;
- > le caractère agressif des capotages des piles du pont de la Voulte, qui explique la déchirure de la coque externe de l'« Annemasse » ;
- > la présence d'une conduite de gaz sous pression du côté amont du tablier du pont, qui peut constituer un facteur de risque.

Cinq recommandations sont formulées en conclusion du présent rapport :

#### **Recommandation R1 (SNRS, DGMT/MMD):**

Réexaminer les conditions de navigation pour les convois transportant des matières dangereuses sur le Rhône en période de difficultés particulières pour la navigation, et le cas échéant restreindre ou interdire ces transports dans de tels cas.

Développer la politique de prévention des risques liés aux transports de matières dangereuses.

#### **Recommandation R2 (DGMT):**

Rappeler aux Services de la Navigation l'importance des missions de police de la navigation, notamment vis-à-vis des bateaux qui assurent des transports de matières dangereuses ; veiller à ce que ces services puissent l'assurer avec des moyens suffisants.

#### **Recommandation R3 (CFT, SFPR):**

Rappeler régulièrement les consignes de sécurité applicables, notamment relatives au port obligatoire du gilet. Veiller à la bonne formation des pilotes vis-à-vis des conditions de navigation et difficultés spécifiques rencontrées sur le Rhône.

Poursuivre l'étude et la mise en place des moyens propres à réduire les risques de chute notamment de nuit.

#### **Recommandation R4 (CNR, RFF, SNCF):**

Modifier ou protéger les capotages des articulations des piles du pont de La Voulte, pour les rendre non agressifs vis-à-vis d'éventuels convois dérivants.

#### **Recommandation R 5 (CNR):**

Étudier, sur la base de l'ensemble des informations de retour d'expérience disponibles sur les accidents de convois fluviaux hors gabarit, le niveau de risque d'occurrence d'un accident susceptible d'impliquer la conduite de gaz.

Effectuer un recensement des facteurs de risque présentés pour la navigation par les ponts sur le Rhône intéressant le chenal navigable.					

# **ANNEXES**

- Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête
- Annexe 2 : Plan de situation
- Annexe 3 : Schéma de la zone d'accident
- Annexe 4 : Photographies du site le 21 janvier 2004
- Annexe 5 : Constatations concernant les bateaux
- Annexe 6 : Constatations concernant le pont de la Voulte
- Annexe 7 : Schémas des phases successives possibles de l'accident
- Annexe 8 : Bathymétrie
- Annexe 9 : Note de synthèse de la contribution du CETMEF au BEA-TT

# Annexe 1 : Décision d'ouverture d'enquête



note à l'attention de à Monsieur le Vice-Président du CGPC

ministère de l'Équipement des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer



La Défense, le

20 JAN, 2004

objet : Accident de navigation survenu le 18 janvier 2004 sur le Rhône à hauteur du pont ferroviaire de la Voulte.

Un accident de navigation impliquant un convoi poussé dont l'une des barges contient environ 2200 tonnes de Benzène s'est produit le 18 janvier 2004 vers 6h30 du matin dans des circonstances non encore expliquées. Cet accident a entraîné la disparition d'un des membres de l'équipage et l'arrêt de la circulation sur le pont ferroviaire de La Voulte.

Je vous demande de bien vouloir diligenter une enquête technique sur cet accident en application de la loi n° 2002-3 du 3 janvier 2002, afin d'éclaircir les conditions exactes dans lesquelles il s'est produit et en tirer tous les enseignements nécessaires pour qu'un évènement de même nature ne puisse se reproduire.

Pour mener à bien cette enquête, le Conseil Général pourra s'appuyer en temps que de besoin, sur les services compétents de la direction des transports terrestres (sous-direction des transports par voies navigables), du service navigation Rhône-Saône, de la Compagnie Nationale du Rhône et du CETMEF.

Je souhaiterais pouvoir disposer dans les meilleurs délais des recommandations que vous pourrez formuler de manière à permettre de mieux prévenir de tels accidents.

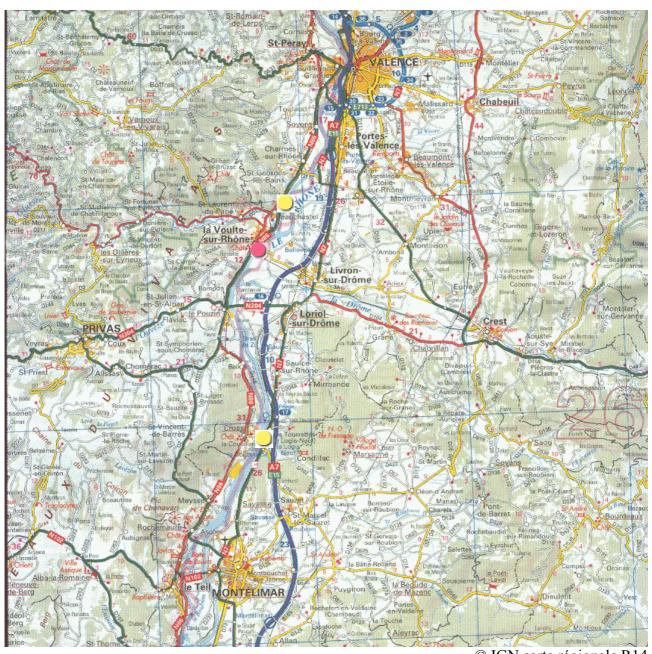
Pour le ministre et par délégation, Le directeur des transports terrestres

Patrice Raulin

Arche Sud 92055 La Défense cadex téléphone : 01 40 81 21 22 mél : dtt@equipement.gouv.fr

G:\Mes Documents\CGPC2.Doc

Annexe 2: Plan de situation

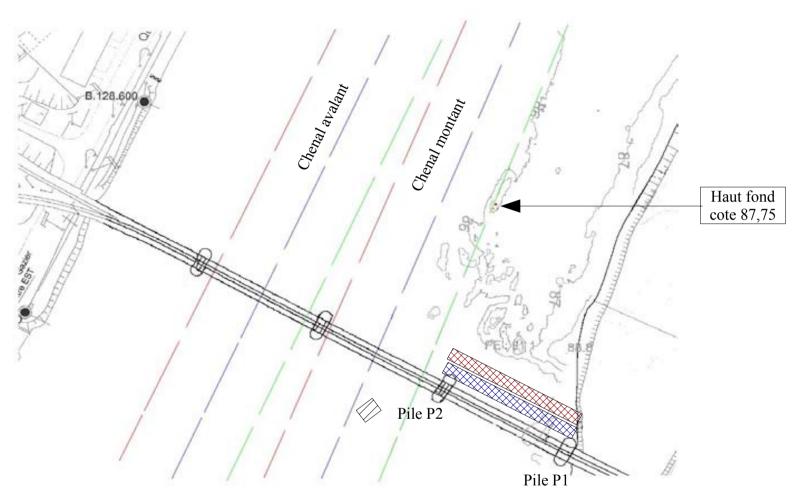


© IGN carte régionale R14

Écluses

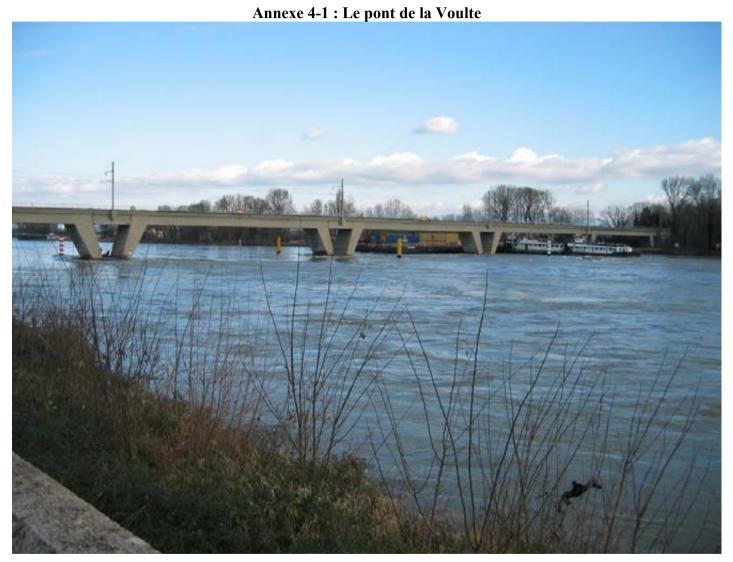
Lieu de l'accident

Annexe 3 : Schéma de la zone d'accident



nota : la bathymétrie est celle du 24 mars 2004

Annexe 4 : Photographies du site le 21 janvier 2004



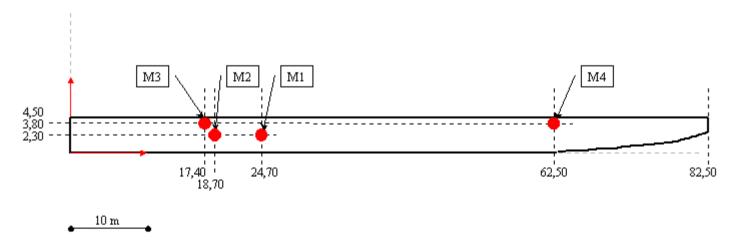
Annexe 4-2 : Les barges « Annemasse » et « Bourgogne » entre les piles P1 et P2

45



# **Annexe 5: Constatations concernant les bateaux**

# Annexe 5-1: Plan en coupe et points de choc sur la barge « Annemasse »

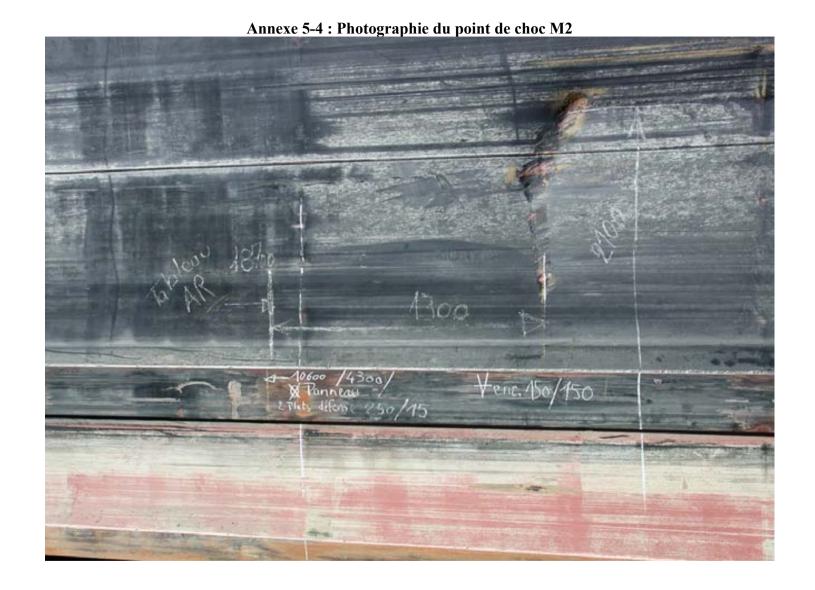


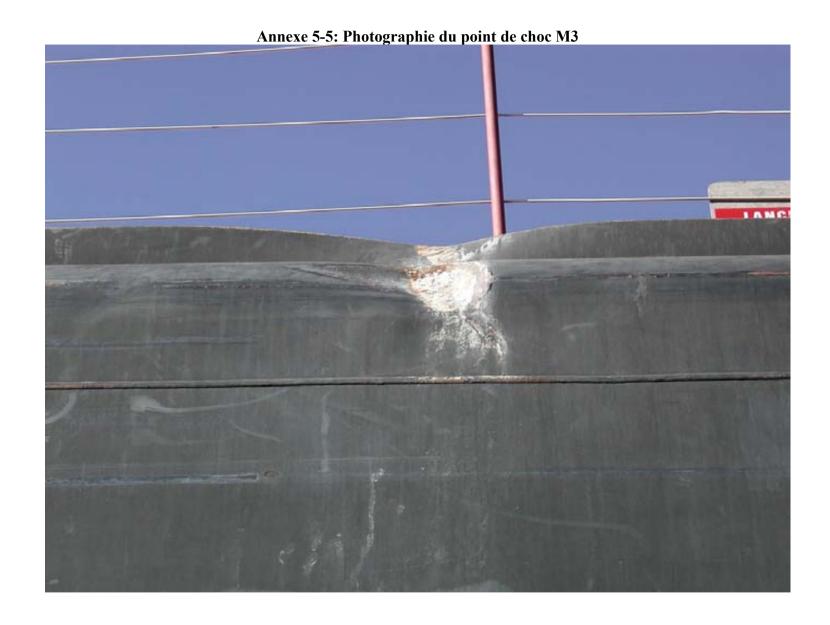
Localisation des principales marques de choc relevées sur le flanc droit de « l'Annemasse »

Annexe 5-2 : Photographie des points de choc sur la barge « Annemasse » B() Point de choc M1 Point de choc M2

Annexe 5-3 : Photographie du point de choc M1







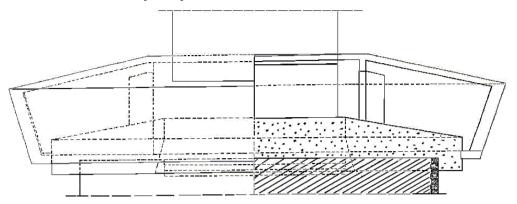
Annexe 6 : Constatations concernant le pont de la Voulte Annexe 6-1 : Pile P2 du pont de la Voulte



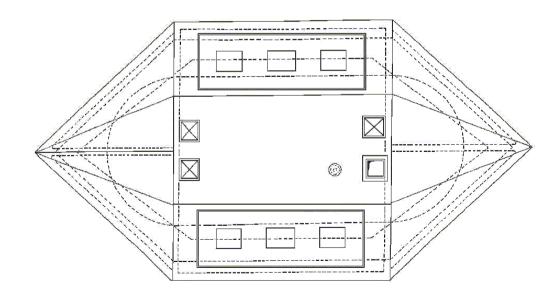
Annexe 6-2 : Pile P1 du pont de la Voulte



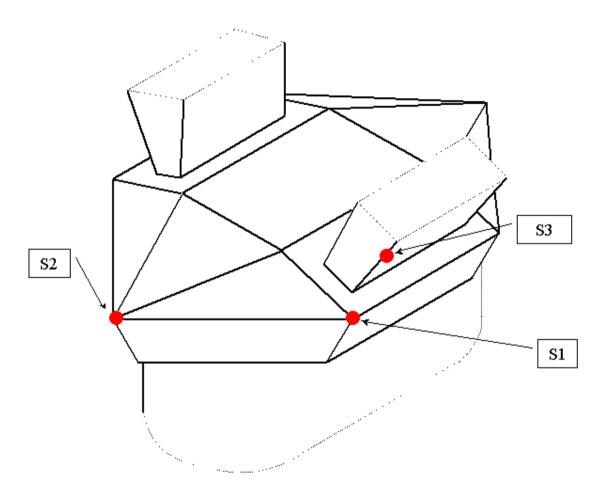
# Coupe et plan de la boîte de raccordement



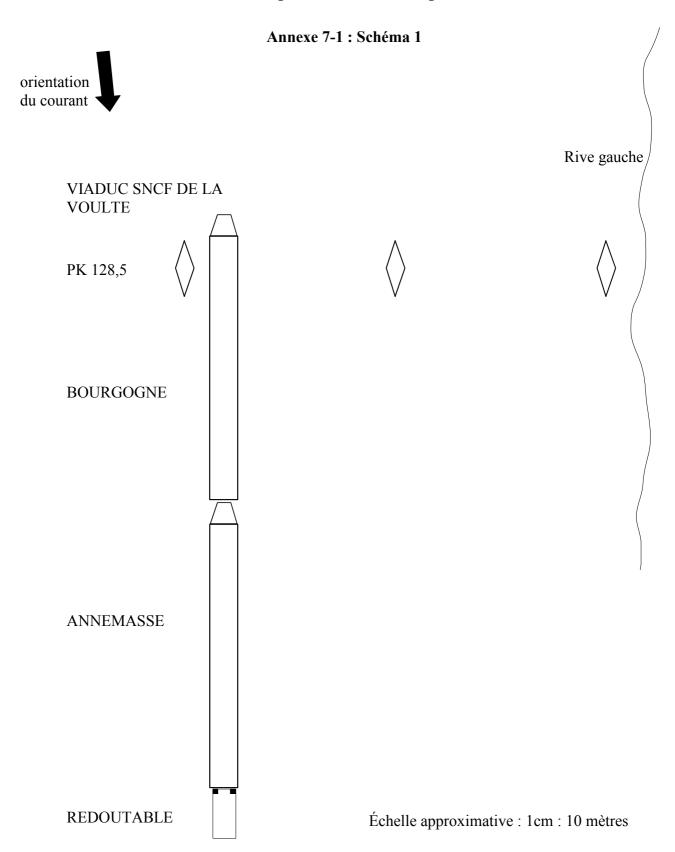




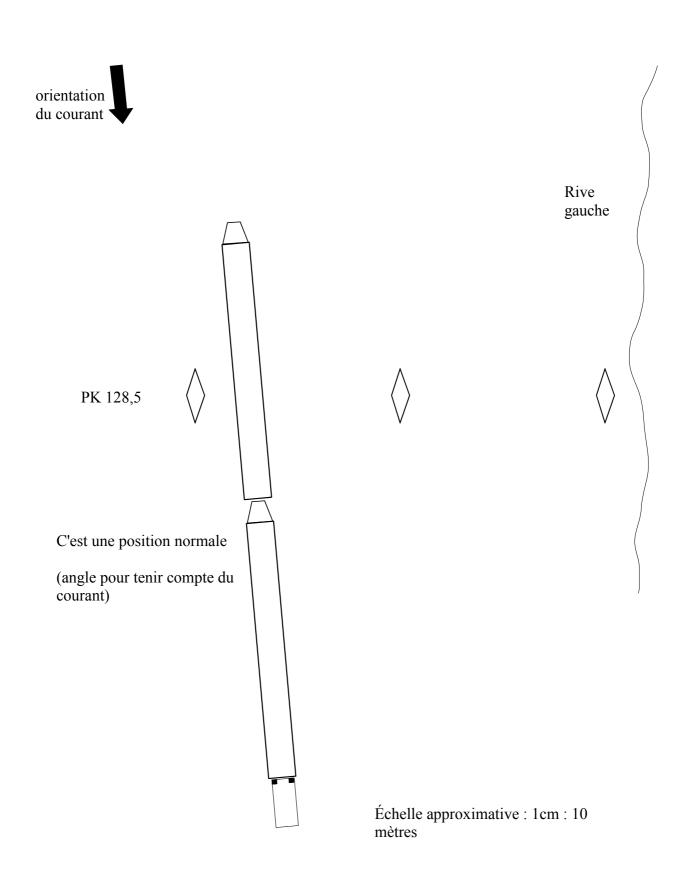
# Vue en trois dimension de la boîte de raccordement



Annexe 7 : Schémas des phases successives possibles de l'accident



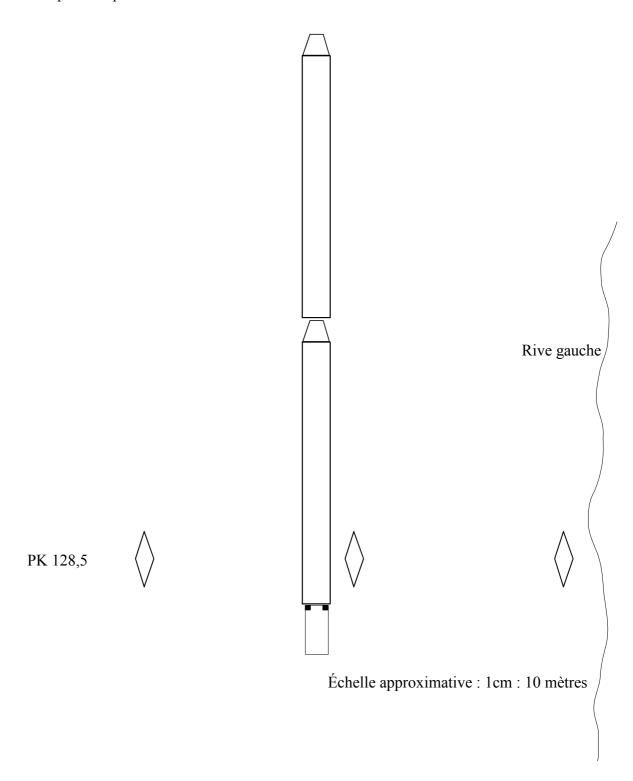
# Annexe 7-2 : Schéma 2



Annexe 7-3 : Schéma 3



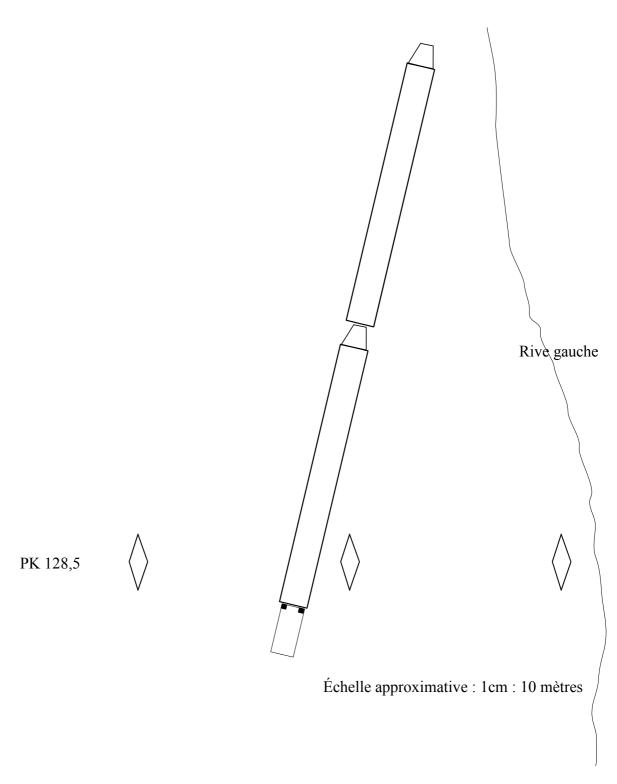
Convoi ne pouvant plus avancer : début de la situation d'accident



Annexe 7-4 : Schéma 4



L'avant du convoi est appuyé sur la berge

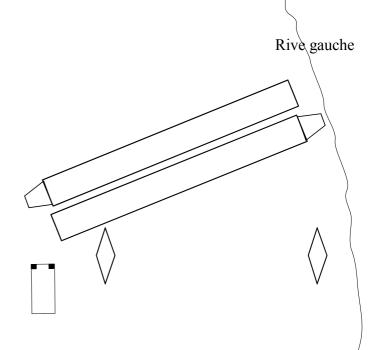




Convoi bloqué sur rive

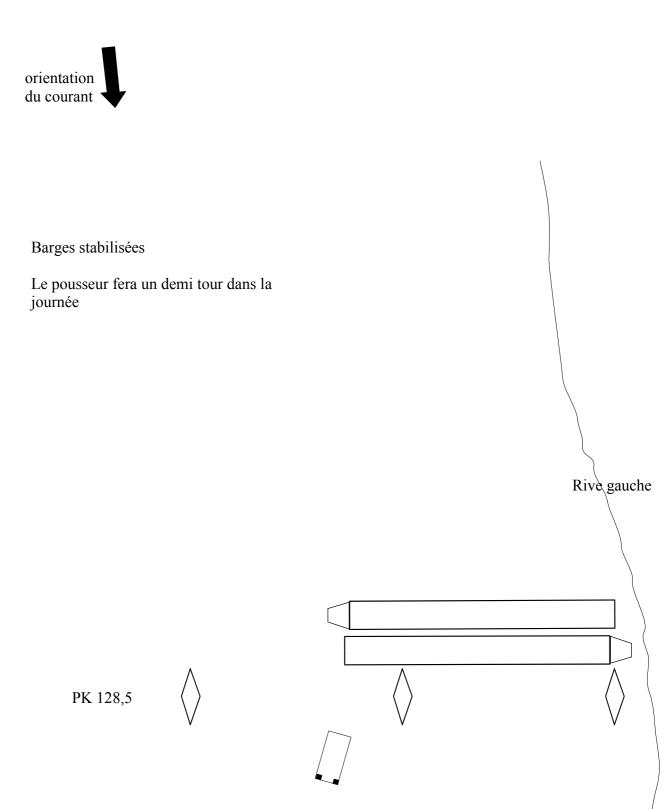
Situation de 7h à 12h environ

Pousseur coulé



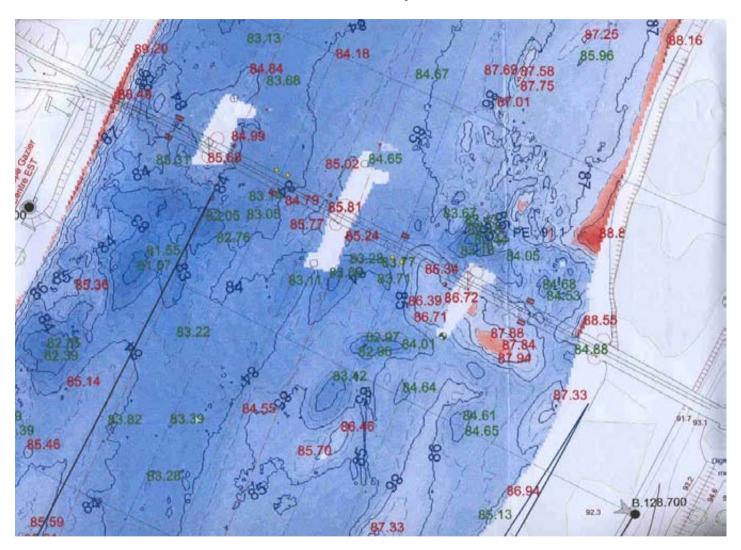
PK 128,5

Échelle approximative : 1cm : 10 mètres



Échelle approximative : 1cm : 10 mètres

Annexe 8 : Bathymétrie



# Les Études

# Accident de la Voulte



Note de synthèse de la contribution du CETMEF au BEA-TT





date: 21 décembre 2004

auteur: CETMEF

responsable de l'étude : Patrick CHASSE, adjoint au chef du DELCE

résumé de l'étude :

Le CETMEF est intervenu en appui au BEA-TT dans le cadre de l'enquête administrative de l'accident de la Voulte intervenu le 18 janvier 2004.

L'intervention du CETMEF a porté sur plusieurs points techniques, à savoir :

- > L'estimation des efforts induits par le courant sur le convoi en position échoué sur la berge rive gauche du Rhône ;
- > L'estimation des efforts dans les câbles de brêlage et l'analyse de leurs conditions de rupture ;
- > L'influence des hauts fonds sur l'avancement du convoi et l'analyse de trajectographie du convoi au passage du viaduc SNCF.

Ces différentes analyses ont conduit à la production de rapports techniques dont la liste est la suivante :

- > Estimation de l'effort du courant sur le convoi
- Étude de courantologie
- Étude de la rupture du brêlage
- > Étude de trajectographie

La présente note a pour objet de rappeler les principales hypothèses de ces analyses et d'en tirer les principales conclusions qui s'en dégagent.

#### 1 - Estimation de l'effort du courant sur le convoi :

Dans un premier temps, cette estimation a été faite à partir de formules de traînée de la littérature, sachant que la forme de l'obstacle retenue est un prisme carré. Ces formules sont normalement adaptées à un obstacle dans un fluide en mouvement de hauteur infinie. Pour pallier cette approximation, le clair sous quille a été pris en compte selon deux hypothèses, à savoir un clair sous quille de 0,9 m ou de 1,9 m, ce qui conduit à modifier la vitesse moyenne d'écoulement pour tenir compte de la sur-vitesses sous le convoi. Le tirant d'eau retenu est par ailleurs de 3,0 m. Avec ces hypothèses, plus les conditions d'écoulement du Rhône fournies par la CNR, l'estimation faite de *l'effort de traînée sur le convoi* est comprise entre *2.36 et 6.68 MN*, effort qui sera supposé uniformément réparti le long du convoi pour estimer ensuite les efforts dans les câbles de brêlage.

#### 2 – Étude de courantologie

Cette étude a consisté en une modélisation bi-dimensionnelle du Rhône au droit du viaduc SNCF, à l'aide du code de calculs TELEMAC-2D, afin d'estimer le champ de courant nécessaire à l'étude de trajectographie. Le modèle ainsi construit a également été adapté pour faire une estimation de l'effort du courant sur le convoi.

Le modèle s'étend entre l'aval du confluent avec l'Eyrieux et l'amont de la confluence avec la Drôme.

Les données bathymétriques utilisées pour construire le modèle correspondent aux relevés effectués en 2002 (pour la partie amont du modèle) et en 2004 (pour la partie aval du modèle).

Le modèle a été calé sur deux épisodes de crue, à savoir ceux du 6 avril 1998 et du 16 octobre 2000, qui correspondent à des débits qui encadrent celui estimé le jour de l'accident, à

savoir environ 3000 m<sup>3</sup>/s.

Le champ de courant au droit du viaduc SNCF a été fourni pour le débit de 3000 m³/s à l'équipe en charge de l'étude de trajectographie.

En ce qui concerne les efforts exercés par le courant sur le convoi, celui-ci a été modélisé comme un obstacle de hauteur infinie en position échouée sur la berge rive gauche, ce qui a permis de calculer les pressions hydrostatiques et hydrodynamiques à bâbord et à tribord, et par conséquent d'en déduire par différence l'effort de traînée exercé sur le convoi. *L'estimation faite de cet effort* conduit à des valeurs comprises entre *1.14 et 2.50 MN*, ce qui est relativement cohérent avec les premières estimations faites avec des formules de traînée sur un obstacle.

Les calculs permettent de plus de fournir la répartition linéaire de ces efforts qui ne sont pas uniformément répartis comme supposés dans l'approche simplifiée.

#### 3 – Efforts sur les câbles de brêlage

Le convoi a été assimilé à une poutre rectangulaire sur appuis simples. Le calcul de l'effort normale sur la liaison a été réalisé à partir des efforts de traînée fournis sur le convoi.

Le résultat des calculs conduit à conclure que *la liaison ne pouvait pas résister* et encore moins avec les résultats issus de la courantologie.

## 4 - Étude de trajectographie

Ce rapport contient d'une part une analyse de l'influence des hauts fonds sur l'avancement du convoi et d'autre part une analyse de trajectographie.

En ce qui concerne les hauts fonds relevés en amont du viaduc, il apparaît peu probable que ceux-ci aient eu une influence sur le sur-enfoncement du convoi et sur l'augmentation du courant, donc cette hypothèse est a priori écartée et ne peut expliquer l'arrêt du convoi sous le viaduc.

En ce qui concerne l'étude de trajectographie, elle est basée sur un modèle de simulation de navire, lui-même calé sur une campagne de mesures réalisée avec un convoi similaire le 20 avril 2004.

Deux types de simulations ont été réalisées :

- > Avec un ordre de puissance donné pour franchir le viaduc
- > Avec une machine constante pendant tout l'essai

Au total, ce sont 924 essais qui ont été réalisés pour chacun de ces deux types de simulations, en faisant varier la position et l'angle initial du convoi situé à une longueur du viaduc.

Il apparaît que le taux de succès est croissant avec la puissance du moteur et que la vitesse du convoi à une longueur du viaduc est un paramètre essentiel pour le franchissement du pont.

### 5 - Rapport d'expertise CNR sur les enrochements dégagés du site

A notre demande, la CNR nous a fourni, par courrier du 25 octobre 2004, un rapport d'expertise sur les enrochements dégagés du lit sur le site de l'accident.

Ce rapport conclut à « l'hypothèse la plus vraisemblable de la mise en place de blocs déjà en cours d'altération et à un temps de séjour de ces blocs dans l'eau court ».

Les blocs retirés du Rhône après l'accident ont apparemment des caractéristiques similaires à ceux qui ont été chargés sur les barges pour être clapés afin de venir conforter le viaduc SNCF, toutefois le rapport d'expertise ne peut garantir qu'il s'agit exactement des mêmes.