



PRE-SCHEMA DU RHONE AVAL

ELEMENTS POUR UNE STRATEGIE DE GESTION DES CRUES DU RHONE A L'AVAL DE MONTELIMAR



NOTE D'AVANCEMENT

30 JUIN 2006

JUILLET 2006 – VERSION 7

N° 2-36 0023 R5

SOMMAIRE

1. PRINCIPES GENERAUX	4
1.1. CONTEXTE	4
1.2. OBJECTIFS DE PROTECTION.....	4
1.3. REMARQUE SUR LA GESTION DES RISQUES DE RUPTURE DE DIGUE	5
1.3.1. OUVRAGES MOBILES	6
1.3.2. DEVERSOIR FUSIBLE	6
1.3.3. SECTION RENFORCEE POUR RESISTER AU DEVERSEMENT	7
1.4. REMARQUE SUR L'IMPORTANCE DES VOLUMES DEVERSES EN CAS DE BRECHE.....	7
1.5. ELEMENTS DE CHIFFRAGE	10
2. GESTION DES ZONES D'EXPANSION DE CRUE EN AMONT DE	
 BEUCAIRE	11
2.1. SCENARIOS DE GESTION.....	11
2.1.1. GESTION CONSERVANT LE FONCTIONNEMENT ACTUEL VIS-A-VIS DE LA PROPAGATION DES	
CRUES EN PRIVILEGIANT LES PROTECTIONS RAPPROCHEES	11
2.1.2. GESTION OPTIMISEE DES ZEC POUR REDUIRE LES DEBITS DE POINTE DES CRUES	
MENAÇANTES A L'AVAL	12
2.2. LES ZONES D'EXPANSION POTENTIELLEMENT MOBILISABLES	15
2.2.1. PLAINE DE DONZERE-MONDRAGON	17
2.2.2. PLAINE D'ORANGE – PIOLENC.....	17
2.2.3. PLAINE DE CADEROUSSE	17
2.2.4. ILE DE LA BARTHELASSE.....	18
2.2.5. PLAINE DE MONTFRIN – ARAMON	18
2.2.6. PLAINE DE VALLABREGUES – BOULBON	19
2.3. REFLEXIONS SUR LE STATUT JURIDIQUE DES ZEC	19
2.4. AMELIORATION DU RESSUYAGE DES ZONES D'EXPANSION DE CRUE.....	19
2.5. PREMIERS ELEMENTS SUR LES GAINS A ATTENDRE	19
2.5.1. ANALYSE QUALITA TIVE.....	19
2.5.2. PREMIERES SIMULATIONS	22
2.5.3. ANALYSE SUR UN ECHANTILLON DE CRUES.....	23
3. AVAL DE BEUCAIRE	25
3.1. ENTRE BEUCAIRE ET ARLES.....	27
3.1.1. SITUATION ACTUELLE.....	27
3.1.2. PRINCIPES	27
3.1.3. POSSIBILITE D'ACCROISSEMENT DE LA CAPACITE DU LIT	28
3.1.4. DEVENIR DES VOLUMES DEBORDANTS.....	31
3.1.5. PRINCIPES GENERAUX DE CALAGE ET DE RENFORCEMENT DES DIGUES	32
3.1.6. AMENAGEMENT DE LA DIGUE RIVE DROITE	34

3.1.7.	PROTECTION DE LA RIVE GAUCHE	35
3.1.8.	REMARQUES COMPLEMENTAIRES.....	40
3.2.	GESTION DES VOLUMES DEVERSES SUR LE TRONÇON BEUCAIRE – ARLES	40
3.2.1.	GESTION DES VOLUMES DEVERSES EN RIVE DROITE, EN AMONT DE L'A54.....	40
3.2.2.	GESTION DES VOLUMES DEVERSES EN RIVE GAUCHE.....	43
3.2.3.	COULOIR DE ST-GILLES	48
3.3.	PETIT RHONE	49
3.3.1.	REFLEXIONS SUR LE DECORSETAGE.....	49
3.3.2.	REFLEXIONS SUR LE CURAGE DU PETIT RHONE	54
3.3.3.	LOCALISATION DES POINTS DE DEBORDEMENT PREFERENTIELS	55
3.3.4.	CALAGE DES DIGUES ET POSITIONNEMENT DES SECTIONS RENFORCEES EN L'ABSENCE DE DECORSETAGE.....	56
3.3.5.	SECURISATION DES DIGUES	57
3.3.6.	GESTION DES EAUX DEBORDEES EN RIVE DROITE	59
3.3.7.	GESTION DES EAUX DEBORDEES EN RIVE GAUCHE	62
3.4.	GESTION DES DIGUES SUR LE GRAND RHONE	62
3.4.1.	QUAI D'ARLES	62
3.4.2.	CALAGE DES DIGUES.....	63
3.4.3.	RENFORCEMENT DES DIGUES.....	64
3.5.	PROPOSITION DE PROGRAMMATION.....	65

PREAMBULE

Ce document a été établi sur la base des éléments recueillis lors des assemblées du comité de suivi et en s'appuyant sur les travaux des instances techniques (Etat et collectivités) qui se sont réunies au cours du 1^{er} semestre 2006 (réunions avec le réseau des correspondants techniques Etat et collectivités, rencontres avec le Syndicat mixte de la Camargue Gardoise, le Parc de Camargue, le SYMADREM, le syndicat intercommunal qui gère la plaine de Fourques, la Communauté de Commune de Beaucaire – Terre d'Argence, le SIHTB, la profession agricole...).

Il ne comporte à ce stade que les éléments hydrauliques ("panel de mesures pour réduire l'aléa") relatifs au pré-schéma et ne traite pas des autres volets qui devront figurer dans le pré-schéma à savoir les mesures à prendre pour la réduction de la vulnérabilité, la gestion de crise...

Les éléments techniques devront être affinés et validés par des études détaillées conduites en concertation avec tous les acteurs.

A titre indicatif, des estimations forfaitaires sont données pour les actions.

Ce document, sous l'égide du comité de suivi, est présenté au comité de pilotage sur les inondations du Rhône de Juillet 2006 pour le tronçon à l'aval de Beaucaire. Il sera complété d'ici fin 2006 pour l'ensemble du Rhône aval, à savoir de Viviers à la mer.

1.

PRINCIPES GENERAUX

1.1. CONTEXTE

Avertissement : l'ensemble des analyses qui suivent relèvent d'une approche d'expertise basée sur des résultats souvent provisoires. Les éléments de débit, de volume et de niveau qui sont présentés sont donc des ordres de grandeur destinés à guider la réflexion, mais ne doivent en aucun cas être pris de manière littérale pour tout dimensionnement d'ouvrages : des analyses complémentaires seront toujours nécessaires pour vérifier et affiner ces premières réflexions.

Les conclusions de la conférence de consensus qui a fixé le débit de la crue de décembre 2003 à Beaucaire à $11500 \text{ m}^3/\text{s} \pm 600 \text{ m}^3/\text{s}$ conduisent à s'interroger sur le débit des autres fortes crues récentes.

On travaillera sur les valeurs suivantes à Beaucaire :

- ✓ $Q_{1000} = 14\ 160 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ $Q_{100} = 11\ 300 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ $Q_{10} = 8\ 400 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ *Crue de décembre 2003 : de l'ordre de $11\ 500 \text{ m}^3/\text{s}$*
- ✓ *Crue de janvier 1994 : de l'ordre de $10\ 500 \text{ m}^3/\text{s}$. Les jaugeages effectués par la CNR conduisent à une valeur comprise entre $10\ 000 \text{ m}^3/\text{s}$ et $12\ 000 \text{ m}^3/\text{s}$ ($11\ 000 \text{ m}^3/\text{s} +$ ou $- 10\%$). Les réflexions hydrologiques de D. Duband ainsi que la cohérence hydraulique entre les niveaux atteints en décembre 2003 et janvier 1994 conduisent à une valeur comprise entre $9\ 000 \text{ m}^3/\text{s}$ et $11\ 000 \text{ m}^3/\text{s}$ ($10\ 000 \text{ m}^3/\text{s} +$ ou $- 10\%$). Nous retiendrons une valeur de $10\ 500 \text{ m}^3/\text{s}$ dans le cadre de cette étude.*
- ✓ *Crue de mai 1856 : estimée à $12\ 500 \text{ m}^3/\text{s}$ sur la base des analyses de M.Pardé*
- ✓ *Crue de novembre 1840 : donnée à $13\ 000 \text{ m}^3/\text{s}$ par D.Duband, d'après M.Pardé.*

1.2. OBJECTIFS DE PROTECTION

En amont de Beaucaire, le niveau de protection est très variable. Certains secteurs sont protégés par des digues édifiées jusqu'au milieu du 20^{ème} siècle (Lyon, Avignon, ...), dont

Le fonctionnement en crue (niveau de déversement, contournement éventuel, etc.) peut grandement varier d'un site à l'autre.

Les digues CNR qui bordent les retenues édifiées dans le cadre de l'aménagement hydroélectrique sont dimensionnées pour n'être pas submergées en crue millénale. Derrière ces digues, des terrains ont été soustraits de fait aux inondations, mais de grandes plaines demeurent submersibles, par l'intermédiaire de déversoirs aménagés dans les digues, ou par refoulement des eaux du Rhône par les contre-canaux ou par les affluents (quand l'affluent n'est pas lui-même la cause de l'inondation).

Le niveau de protection existant à l'aval de Beaucaire résulte lui des aménagements effectués pour l'essentiel au 19^{ème} siècle avec des crues de projet pour les endiguements plus faibles.

La stratégie générale pourrait alors se décliner en cherchant :

- ✓ A éviter les ruptures des digues
- ✓ A assurer une protection élevée pour les secteurs les plus sensibles (Avignon, partie densément urbanisée d'Arles, etc.)
- ✓ A ajuster le niveau de protection entre Beaucaire et Arles en fonction du débit capable de transiter dans la traversée d'Arles
- ✓ Sur les deux bras du Rhône en Camargue, à ajuster le niveau de protection pour limiter au maximum les risques de rupture et tendre vers une protection Q100 pour les agglomérations, et si possible pour la majorité des secteurs d'habitat diffus.
- ✓ A optimiser la gestion des ZEC entre Montélimar et Beaucaire pour chercher à réduire les débits de pointe pour les crues dommageables pour les secteurs les plus sensibles
- ✓ A gérer le comportement du système pour les crues entre le débit de protection et la crue millénale : c'est-à-dire organiser le devenir des débits excédentaires sans risque de rupture de digue et en assurant le ressuyage rapide des terres inondées.

1.3. REMARQUE SUR LA GESTION DES RISQUES DE RUPTURE DE DIGUE

Les ruptures de digue constituent un risque pour les vies humaines et aggravent les dégâts : vitesses importantes, volumes débordants fortement majorés, durée du débordement accrue.

Toutefois, les brèches ont aussi de fait la fonction de « soulager » d'autres secteurs.

Dans l'optique d'une gestion maîtrisée des risques de rupture de digue, **on ne peut pas intégrer comme un élément « normal » de la stratégie ce risque de brèche** (sauf sur des ouvrages secondaires commandant des secteurs peu vulnérables).

On ne peut donc pas s'appuyer sur le « gain » hydraulique de la formation des brèches. Notons toutefois que l'édification des digues du Rhône aval au 19^{ème} siècle notamment

s'est faite sans mesures compensatoires pour l'amont. C'est du fait des brèches importantes dans les digues que les impacts de cet endiguement n'ont pas été pleinement ressentis lors des grandes crues qui ont suivi. Cet effet a sans doute été plus perceptible en 2003, lorsqu'il n'y a pas eu de ruptures majeures entre Beaucaire et Arles.

Il faut donc assurer un déversement des débits au-dessus du débit de protection sans risque de rupture, **par des points de débordement contrôlés**. Trois types d'ouvrages peuvent être envisagés:

- ✓ ouvrages mobiles permettant d'ouvrir un passage dans la digue pendant la crue en fonction des besoins
- ✓ digues fusibles
- ✓ sections renforcées à cote fixe

1.3.1. OUVRAGES MOBILES

Ces ouvrages mobiles seraient de grands clapets à gestion automatique (asservis à des niveaux de consigne) ou à gestion en temps réel (ouverture pilotée à distance par un PC de crise).

Ces dispositifs sont difficilement acceptables par les riverains (sentiment d'être « sacrifiés »), ce qui risque de conduire à des actes de déprédation entravant le fonctionnement des ouvrages lors de la crue, et à une grande difficulté de gestion en crise (« décision d'ouvrir »).

L'ensemble des acteurs semble s'accorder sur le fait que cette solution n'est pas applicable.

1.3.2. DEVERSOIR FUSIBLE

Les déversoirs fusibles classiques (digue érodable lors du déversement) ne semblent pas apporter de garantie suffisante de bon fonctionnement (au bon moment) notamment pour les crues les plus pointues (cf. l'exemple du seuil fusible de Comps).

Des structures béton basculantes (hausses type Hydroplus) permettraient un fonctionnement plus fiable.

Ce type d'ouvrage soulève trois problèmes :

- L'acceptation « sociologique » par les riverains d'un ouvrage important destiné à « s'ouvrir » en crue, qui conduira au même sentiment d'être « sacrifiés » même si le risque de débordement est objectivement réduit
- La brutalité de l'inondation, avec une vitesse de montée des eaux importante, encore qu'il soit possible de disposer des éléments se déclenchant successivement pour atténuer le caractère brusque du phénomène.
- La durée du débordement, et donc les volumes en jeu, seront importants car il faudra attendre que la crue revienne sous le niveau de base des éléments pour que le déversement cesse.

C'est pourquoi on évitera d'envisager de telles solutions sauf nécessité technique absolue.

1.3.3. SECTION RENFORCEE POUR RESISTER AU DEVERSEMENT

Il nous paraît plus efficace de privilégier une réflexion sans ouvertures majeures dans les digues (aléatoires ou provoquées) comme hypothèse pour le dimensionnement de « sécurité » des ouvrages¹, en distinguant :

- ✓ des tronçons de digue calés sans revanche, renforcés pour résister au déversement
- ✓ des tronçons de digue non renforcés au déversement, calés avec revanche

L'inconvénient majeur de ces sections renforcées à cote fixe est leur faible « rentabilité » hydraulique : ils fonctionneront nécessairement sous de faibles hauteurs d'eau : les longueurs à aménager seront importantes.

On pourrait envisager une faible épaisseur fusible (de l'ordre de 20 à 30 cm : épaisseur du chemin de crête, par exemple) pour réduire les longueurs nécessaires. Les premiers calculs montrent que ce dispositif permettrait de réduire de 40% les linéaires de sections renforcées nécessaires. Mais on peut craindre que ces épaisseurs fusibles soient « durcies » au fil du temps, et ne jouent plus leur rôle lors d'une crue exceptionnelle. C'est pourquoi le dimensionnement sera effectué a priori sans tenir compte d'une partie fusible.

Il nous paraît important d'insister sur le terme employé de **section renforcée pour résister au déversement**, préféré au terme de **déversoir**.

Ce dernier terme sous-tend en effet une idée d'inondation volontaire, où certains secteurs seraient sacrifiés pour en protéger d'autres.

Au contraire, la stratégie retenue consiste en premier lieu à éviter les ruptures de digues : **même avec des points de débordement contrôlés par des sections renforcées, les volumes de débordement seront inférieurs à ceux qu'on connaîtra** (et qu'on a connu en 1993, 1994 et 2003) **en cas de rupture de digue**. Il ne s'agit donc pas de provoquer l'inondation, mais de maîtriser des débordements inéluctables, en en maîtrisant la durée et les volumes, et en les orientant vers les zones de moindres enjeux.

1.4. REMARQUE SUR L'IMPORTANCE DES VOLUMES DEVERSES EN CAS DE BRECHE

L'ouverture de brèches entraîne un accroissement majeur des volumes de débordement en lit majeur.

La mesure fondamentale pour la mise en sécurité des populations est donc d'éviter toute rupture de digue, davantage que d'accroître le débit de début de débordement.

En décembre 2003, les volumes déversés ont dépassé 200 Mm³ côté Gardois sur les brèches du Petit Rhône, et atteint 15 Mm³ en rive gauche au nord d'Arles.

¹ Remarque : les témoignages sur les brèches en amont de Tarascon en 1856, avec d'importants surcreusements encore visibles aujourd'hui dans le paysage, semblent indiquer que les débits déversés dans les brèches peuvent atteindre 2000 à 3000 m³/s, largement au-dessus des hypothèses prises jusqu'ici.

En crue millénale, les volumes de déversement peuvent atteindre 500 à 900 Mm³ avec les brèches simulées dans l'étude globale.

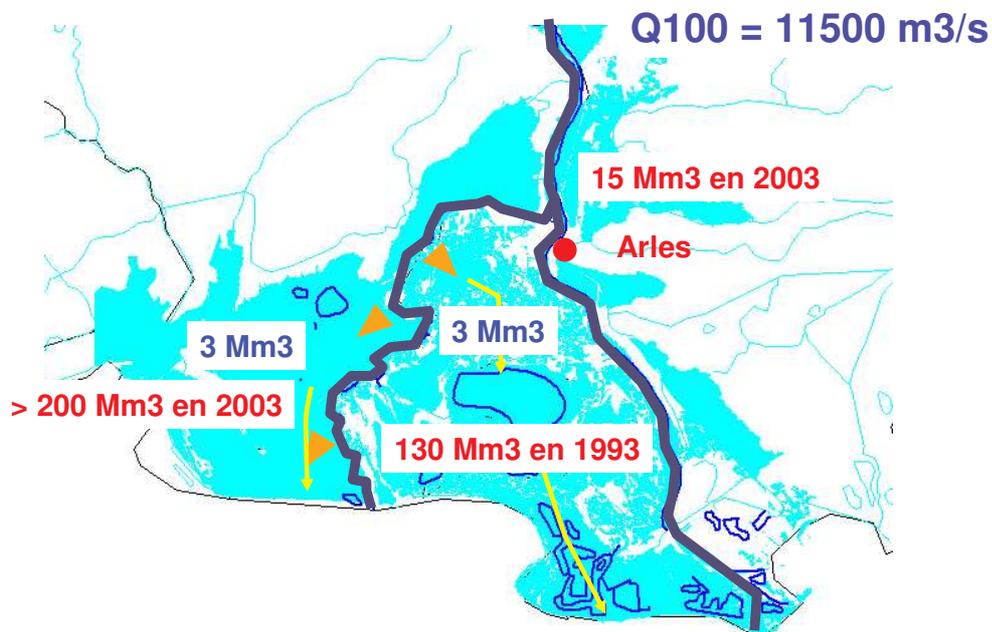
Avec le renforcement systématique des digues tel qu'il préconisé plus loin, les volumes déversés seraient limités à quelques millions de m³ pour une crue type 2003 (soit 100 fois moins) sur le Petit Rhône, et ne dépassent pas 150 Mm³ en crue millénale (soit 3 à 6 fois moins) dans l'hypothèse d'une rehausse des digues du Grand Rhône.

Ce renforcement des digues prend un relief particulier pour les crues faiblement débordantes. En cas de surverse, les digues non renforcées sont presque assurées de rompre : les volumes débordés deviennent très vite très importants (plus de 200 Mm³ en rive droite en décembre 2003, 130 Mm³ en rive gauche du Petit Rhône en octobre 1993).

Au contraire, des déversements sur des digues renforcées concernent des débits faibles sur de courtes durées : les volumes en jeu sont limités, s'étalent sur les premières terres rencontrées, et sont facilement gérés par les dispositifs de ressuyage disponibles.

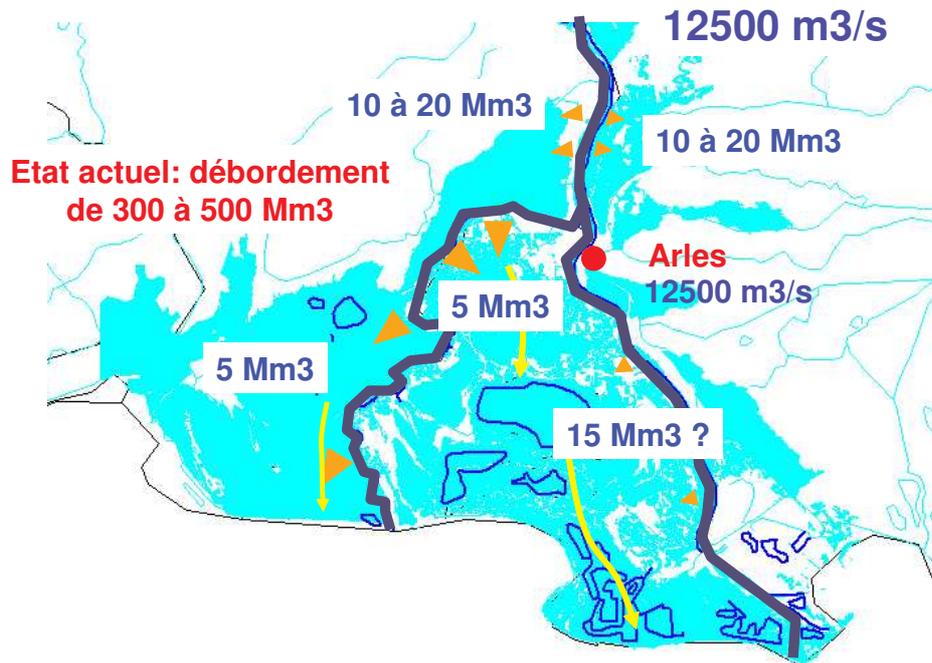
Par exemple, un dépassement de 500 m³/s du débit de calage des digues n'entraînera qu'un déversement de l'ordre de 20 Mm³, alors qu'une brèche conduirait à des volumes supérieurs à 200 Mm³.

Les figures qui suivent montrent les ordres de grandeur des volumes déversés dans l'état actuel du système de protection, et les volumes déversés avec le programme d'aménagement proposé à l'aval de Beaucaire.

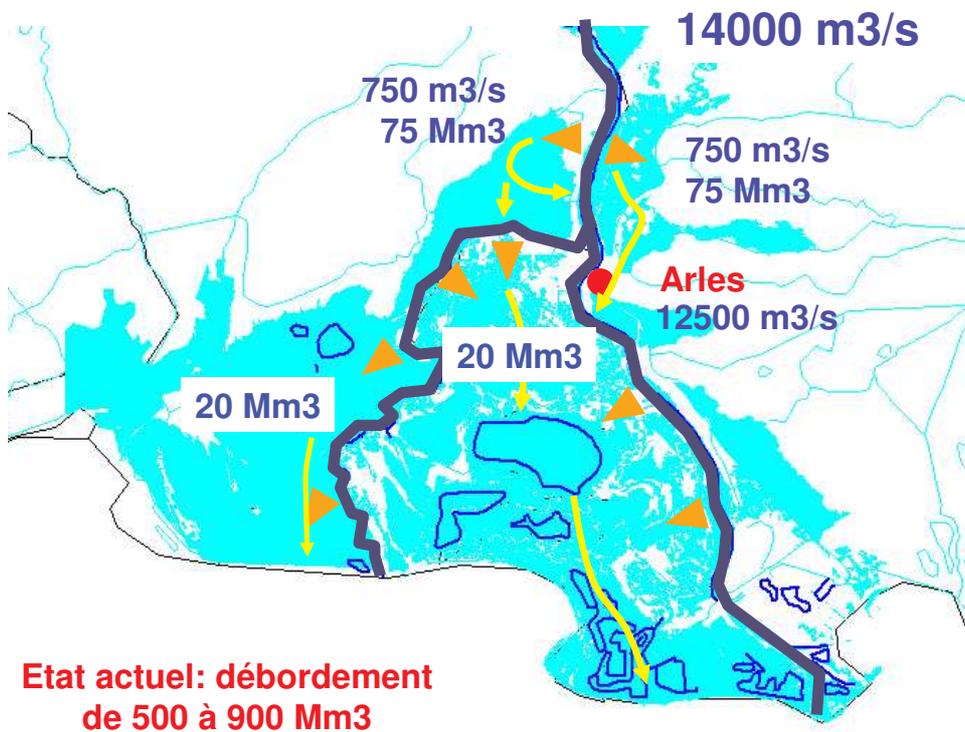


Volumes déversés dans l'état actuel du système

Volumes déversés dans l'état projet



Volumes déversés dans l'état actuel du système
Volumes déversés dans l'état projet



1.5. ELEMENTS DE CHIFFRAGE

Pour proposer une estimation sommaire des différentes options proposées, nous avons retenus les estimations suivantes, basées notamment sur les retours d'expérience du Symadrem et des évaluations complémentaires :

- Sécurisation de digue : 1000 €/ml (le prix peut varier de 700 à 1500 €/ml selon les caractéristiques des sols, et notamment de la nécessité de battre des palplanches).
- Sécurisation avec rehaussement : 1500 €/ml
- Création de digue : 3000 €/ml
- Protection du parement aval vis-à-vis de la surverse : surcoût de 1000 à 2000 €/ml selon l'importance des déversements
- Digue basse (2 m) : 500 €/ml

2.
GESTION DES ZONES D'EXPANSION DE CRUE
EN AMONT DE BEUCAIRE

Ce volet du pré-schéma sud ne sera finalisé qu'à l'automne 2006. Il ne s'agit donc ici que d'une première approche, encore incomplète.

La gestion des ZEC sur le Rhône est particulièrement complexe du fait de la genèse des crues qui en particulier sur le Rhône aval peuvent être provoquées par la seule crue d'un ou plusieurs affluents. Ce fonctionnement "en arête de poisson" du Rhône plutôt qu'en "tuyau" occasionne des modes de mobilisation des ZEC très variés qu'il convient de bien appréhender avant d'envisager une modification. La recherche d'une optimisation statistique moyenne est envisageable mais cette optimisation du fonctionnement global pourra occasionner des aggravations pour certains types de crues qu'il convient d'apprécier à l'aide de la pris en compte de familles de crues représentatives.

L'optimisation s'apprécie par rapport aux gains de dommages potentiels sur les différentes zones à enjeux qui restent à identifier précisément.

Ne sont pas développés ci-après les aspects juridiques liés à ces éventuelles modifications de gestion.

2.1. SCENARIOS DE GESTION

Deux scénarios tranchés

- ✓ Gestion conservant le fonctionnement actuel vis-à-vis de la propagation des crues en privilégiant les protections rapprochées
- ✓ Gestion optimisée des ZEC pour réduire les débits de pointe des crues menaçantes à l'aval

2.1.1. GESTION CONSERVANT LE FONCTIONNEMENT ACTUEL VIS-A-VIS DE LA PROPAGATION DES CRUES EN PRIVILEGIANT LES PROTECTIONS RAPPROCHEES

Principe : on renonce à modifier les conditions d'inondation des ZEC pour influencer sur les crues, et on entérine les choix d'aménagement issus de l'aménagement CNR.

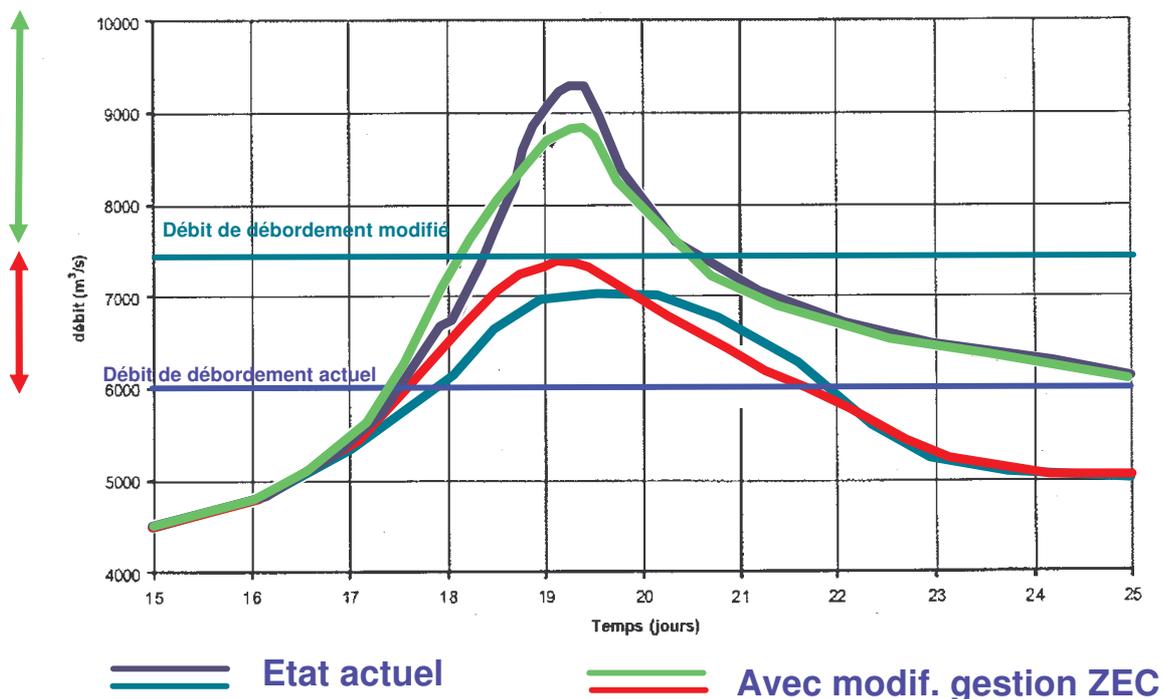
Protection rapprochée des secteurs sensibles : ...

Et aménagements à incidence ponctuelle, comme l'amélioration de la protection amont de la plaine de Donzère

2.1.2. GESTION OPTIMISEE DES ZEC POUR REDUIRE LES DEBITS DE POINTE DES CRUES MENAÇANTES A L'AVAL

L'expérience montre que les zones d'expansion des crues ne sont efficaces en termes d'écrêtement des crues que pour une gamme bien précise de crue. En modifiant le seuil de débordement, on peut ainsi influencer sur les débits à l'aval.

En particulier, dans les ZEC inondées à une fréquence assez forte, le fait de relever le seuil de débordement conduira bien évidemment à aggraver les crues intermédiaires qui ne seront plus débordantes, mais peut permettre de mieux écrêter les crues plus fortes.



On pourrait ainsi adopter une stratégie gagnant – gagnant pour les secteurs trop fréquemment inondés aujourd'hui :

- ✓ réduction de la fréquence des crues débordantes et réduction de l'intensité de l'inondation pour les crues moyennes à fortes
- ✓ amélioration de l'écrêtement pour les crues fortes à très fortes

A condition

- ✓ de maîtriser la pression d'urbanisation sur les ZEC moins fréquemment inondées (PPR, etc.)

Ce point est essentiel : on peut craindre en effet que la pression d'urbanisation s'accroisse dans des zones d'expansion de crue moins fréquemment inondées.

Pour maîtriser cette pression d'urbanisation, deux principes peuvent être adoptés :

- *la modification du fonctionnement des ZEC ne doit jamais conduire à mettre hors d'eau en crue centennale une zone aujourd'hui inondable à cette fréquence (de façon à ne pas influencer sur les crues de référence du PPRI)*
- *les aménagements modifiant le fonctionnement des ZEC ne pourront être mis en œuvre qu'après approbation d'un PPRI sur les secteurs concernés.*
- ✓ de maîtriser les conséquences de l'aggravation possible des crues moyennes
 - diversification des niveaux de protection pour éviter un effet de cumul
 - ajustement éventuel des débits de référence pour le calage des protections à l'aval
- ✓ d'évaluer les conséquences « locales » de la modification du fonctionnement des ZEC, notamment en termes de niveau pour les riverains de la rive opposée ou de l'amont proche.
- ✓ de prendre en compte la problématique des affluents : vérifier l'absence de risque de décalage de la crue conduisant à une amplification des concomitances, risques de perte d'efficacité de la valorisation des ZEC par apports des affluents à l'aval

La démarche pourrait être la suivante :

- ✓ identifier les zones à enjeux dont on veut améliorer la protection
- ✓ évaluer les crues qui mettent en danger ces zones : ce seront les crues qu'on cherchera à optimiser en modulant la gestion des ZEC
- ✓ pour chaque ZEC, évaluer les conditions de mobilisation optimales en fonction de l'inondabilité actuelle, des enjeux locaux et des gains possibles pour l'écrêtement des crues les plus dommageables à l'aval
- ✓ évaluer qualitativement le cumul des aménagements pour chaque niveau de crue, de façon à procéder aux ajustements éventuellement nécessaires
- ✓ contrôler l'impact et l'efficacité des aménagements sur un jeu représentatif de scénarios de crue, par une approche statistique

Le principe général sera alors le suivant :

La réflexion sera centrée sur les crues qui passent à plein bord au droit des zones à enjeux (après prise en compte le cas échéant des aménagements prévus en parallèle pour améliorer la protection de ces zones) :

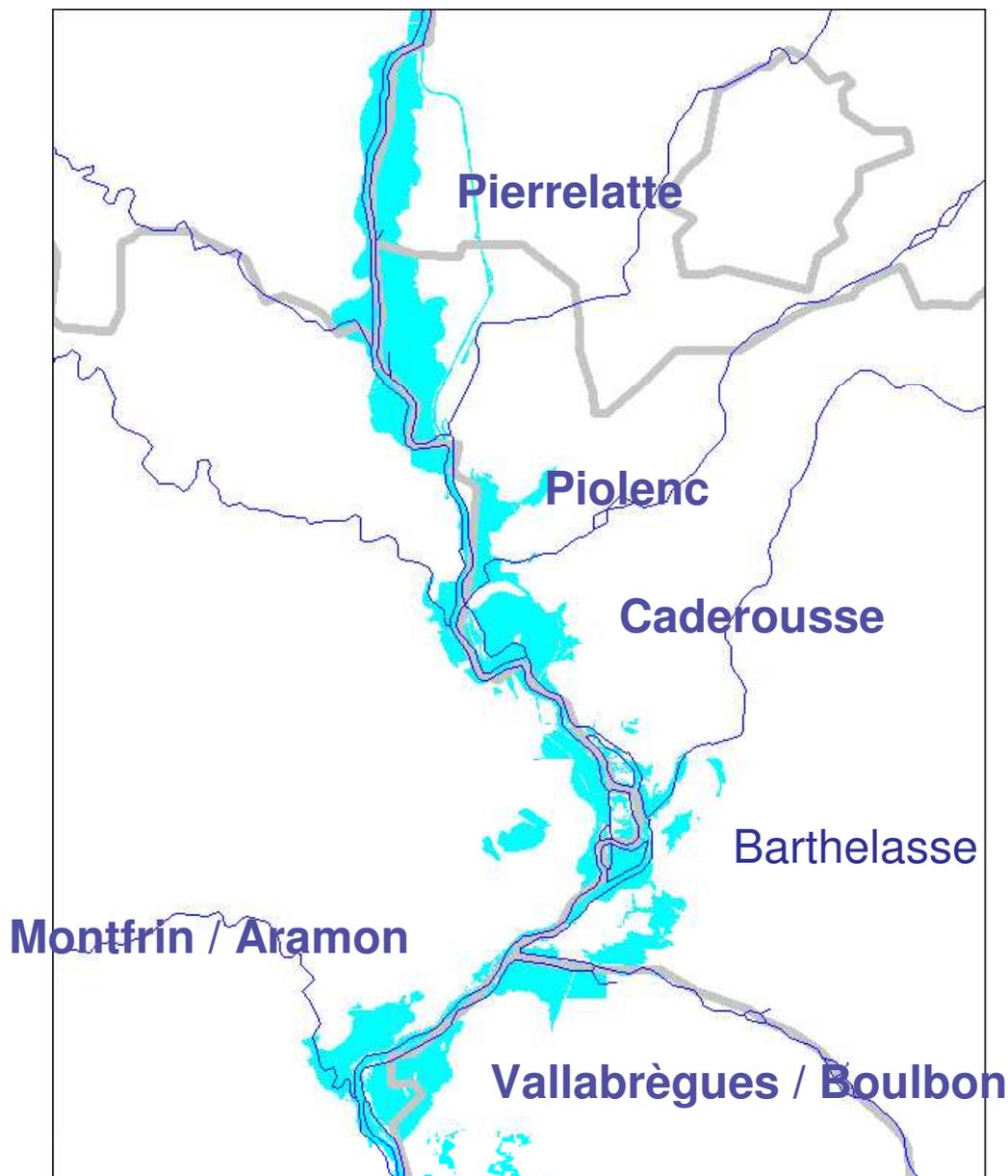
- ✓ jusqu'à ce niveau de crue, on peut améliorer la situation des riverains
 - soit en les protégeant pour des crues inférieures à ce seuil de crue
 - soit en réduisant l'importance de l'inondation sur les secteurs les plus fréquemment inondés
 - et en supprimant les risques de brèche au droit des secteurs sensibles

- ✓ au-delà, on cherche à améliorer la situation à l'aval, en cherchant à renforcer l'écrêtement pour les crues plus fortes
 - même hauteur d'eau qu'aujourd'hui pour les crues supérieures à ce seuil dans les zones les plus inondables, mais inondation plus efficace en terme d'écrêtement (parce que mobilisée plus tard)
 - réduction des risques sur les secteurs sensibles des ZEC, éventuellement par protection rapprochée
 - éventuellement, surinondation pour les crues les plus fortes si les enjeux le permettent

- ✓ pour les crues inférieures à ces seuils de mis en danger des zones sensibles, on accepte d'aggraver éventuellement le débit de pointe (pour conserver les ZEC pour des crues plus fortes), en ajustant les mesures prises à l'aval.

A titre indicatif, ce seuil pourrait être un débit de 10500 m³/s à l'aval de Beaucaire (débit de pointe de la crue de 1994) : c'est le débit qu'on devrait pouvoir accepter dans le delta sans risques majeurs. Ce débit a été historiquement dépassé trois fois depuis 1840 (1840, 1856 et 2003).

2.2. LES ZONES D'EXPANSION POTENTIELLEMENT MOBILISABLES

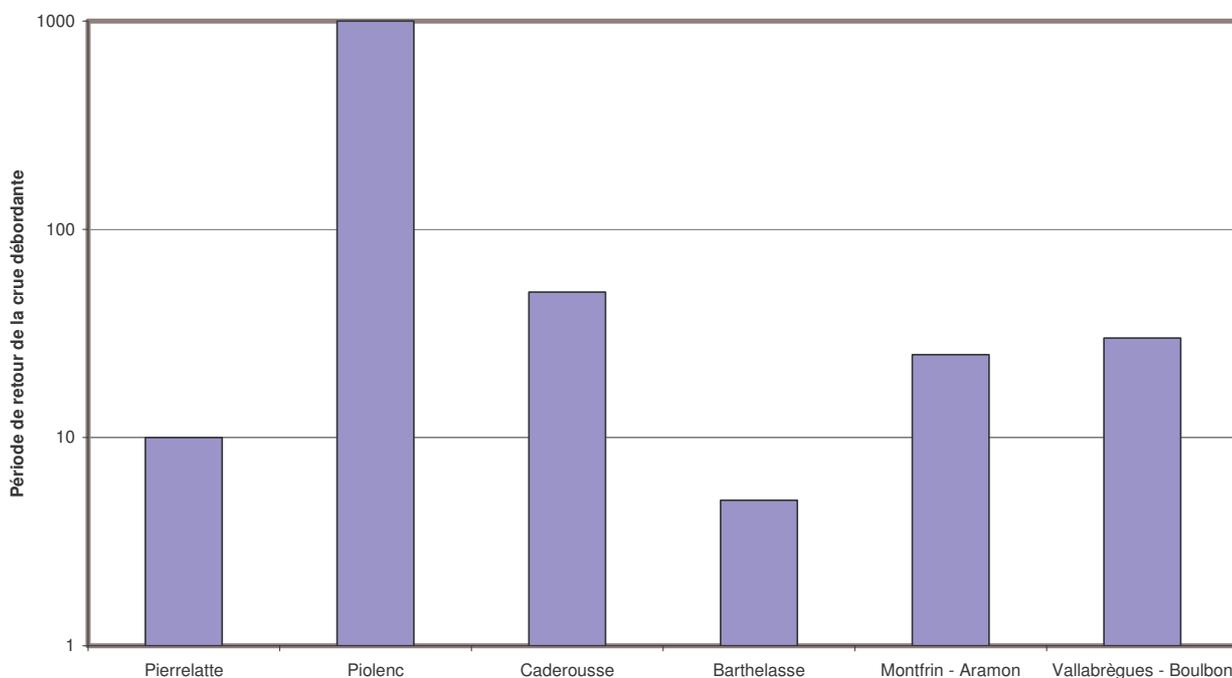


ZEC	Orientation de l'EGR
Donzère - Mondragon	<p>Système de protection constitué de digues anciennes, discontinues et submersibles pour les fortes crues, permettant une inondation « en douceur » par l'aval.</p> <p>Dysfonctionnement avec des entrées d'eau dans la plaine par l'amont.</p>
Piolenc - Orange	<p>27 km²</p> <p>Mise hors d'eau par l'aménagement CNR</p> <p>Mise en eau envisagée uniquement pour réduire une crue très forte (Q1000)</p>

DIREN RHONE-ALPES
ASSISTANCE TECHNIQUE POUR L'ELABORATION DU PLAN RHONE
PRE-SCHEMA SUD – NOTE D'AVANCEMENT

ZEC	Orientation de l'EGR
Codolet	Inondation par l'aval depuis vieux-Rhône de Caderousse et la Cèze
Caderousse	Casier CNR avec déversoir aval, inondable pour une crue cinquantennale. Faisabilité d'une augmentation du débit de surverse.
Montfaucon	9 km ² Mise hors d'eau par l'aménagement CNR Trop peuplée pour être remise en eau
Sauveterre	Inondation par l'aval depuis Vieux-Rhône d'Avignon (à partir de 7000 m ³ /s)
Barthelasse – La Motte	Barthelasse : Inondable en dessous de 7000 m ³ /s (inférieur à Q10) La Motte : hors d'eau
Barbentane	10 km ² Mise hors d'eau par l'aménagement CNR Trop peuplée pour être remise en eau
Montfrin - Aramon	Inondation par l'aval depuis le Vieux Rhône de Vallabrègues et le Gardon à partir de 6600 m ³ /s
Vallabrègues - Boulbon	Casier CNR avec déversoir aval, inondable pour Q30 (9800 m ³ /s) Faisabilité d'un décalage des déversoirs pour augmenter l'écrêtement de la crue forte

Fréquence d'inondation des zones d'expansion de crue



2.2.1. PLAINE DE DONZERE-MONDRAGON

Système de digues anciennes, discontinues, submersibles pour les fortes crues.

Inondation par l'aval, puis par surverse sur les digues, à partir de 5000 m³/s environ à Viviers (Q10 = 6100 m³/s)

Dysfonctionnements du système actuel : entrées d'eau dans la plaine par l'amont => accroissement des risques et réduction probable de la capacité d'écrêtement

Orientations possibles :

- ✓ digues insubmersible en amont (ou seulement pour les crues très fortes)
- ✓ amélioration du principe d'inondation par l'aval
- ✓ réduction de la fréquence des crues débordantes par accroissement de la capacité du lit (dégagement des lônes et des casiers Girardon, plutôt que par curage), ou si nécessaire par léger endiguement des entrées aval

Objectif :

- ✓ accroissement de la capacité jusqu'à des crues type 1993/1994 (autour de 7500 m³/s, Q30 à Q50)
- ✓ réduction des risques pour Q100 et Q200, en recherchant un meilleur écrêtement pour Q200
- ✓ efficacité accrue pour Q1000, y compris avec aggravation des risques locaux

2.2.2. PLAINE D'ORANGE – PIOLENC

Déversoir calé à 36.7 NGF, au niveau d'une crue forte (occurrence centennale)

En l'absence de ressuyage par l'Aygues, hauteur moyenne 2,2 m, écrêtement de 330 m³/s d'une crue de 14000 m³/s. Gain de 280 m³/s à Beaucaire.

Nota : capacité d'évacuation de l'Aygues : de l'ordre de 500 m³/s pour une crue type 1992 (850 m³/s) : probablement le même ordre de grandeur dans le scénario modélisé.

L'écrêtement ne sera donc efficace qu'avec une digue rive droite de l'Aygues dans le coude aval => réduction des débordements de l'Aygues.

2.2.3. PLAINE DE CADEROUSSE

Inondable à partir de 7000 m³/s (environ Q50)

Ecrêtement actuel : 100 m³/s en crue forte, bien que déversoirs débitent jusqu'à 350 m³/s avec la pointe de crue

- ⇒ surélévation de la cote d'arase des déversoirs
- ⇒ gain d'écrêtement : 240 m³/s pour une crue de 9000 m³/s (Q100)

2.2.4. ILE DE LA BARTHELASSE

Camping de la Barthelasse inondé en Q2.

Merlon fusible du chemin de la Traille submersible à 7000 m³/s (légèrement inférieur à Q10).

2/3 île Piot et et 1/2 île de la Barthelasse inondés en Q10.

Surverse sur les points bas des digues entre Q10 et Q20.

Plus de 2 m d'eau en Q100.

Etude Hydratec : un scénario envisage une protection pour Q10 sans modification significative de l'hydrogramme aval.

=> intégration dans le plan stratégique dans la mesure où les impacts locaux sur les niveaux dans le Bras d'Avignon sont acceptés ou corrigés et dans la mesure où les impacts en aval pour les crues faibles sont acceptables dans le cadre de la vision globale d'optimisation des zones d'expansion de crue.

2.2.5. PLAINE DE MONTFRIN – ARAMON

On observe une structure en deux parties de la plaine. Depuis Comps vers Aramon, on a :

- ✓ plaine inondable en bordure du Gardon entre Montfrin et Comps entre 9 et 10 NGF
- ✓ « col » au droit du lieu-dit « Chemin Français » à 11.6 NGF, complété par les digues du Briançon qui traversent la plaine (cotes 12 à 13 NGF). A noter que les brèches ouvertes dans ces digues (débordements du Briançon) créent des passages dans ce « col » autour de 11 NGF.
- ✓ la plaine s'abaisse ensuite progressivement de 11.4 à 10.0 NGF en direction d'Aramon.
- ✓ derrière la nouvelle digue de protection d'Aramon, les bas quartiers d'Aramon se situe entre 11 et 12 NGF, et les marais des Paluns présentent des secteurs au-dessous de 10 NGF.

Il y a donc un effet de seuil dans le remplissage de la plaine côté Aramon.

Lors des crues de novembre 2002 et octobre 1993 (autour de 10000 m³/s) à Beaucaire, la plaine au-delà du « col » n'a été que faiblement inondée. Elle l'a été en revanche totalement lors de la crue de janvier 1994 (10500 m³/s) et de décembre 2003.

Les simulations réalisées ne montrent pas d'écêtement efficace du débit de pointe pour ces deux dernières crues.

Il devrait être possible d'optimiser le fonctionnement de la plaine en fiabilisant le système constitué de fait par les digues du Briançon, pour retarder un peu la mise en eau de la

plaine côté Aramon (calage à 11000 m³/s, soit 13,25 NGF environ ?) pour mieux écrêter les crues fortes à très fortes.

2.2.6. PLAINE DE VALLABREGUES – BOULBON

Inondable à partir de Q30

Ecrêtement actuel en crue forte (Q100) de 150 m³/s, avec des débits déversés de 500 m³/s avant la pointe

⇒ modification de la cote des déversoirs

⇒ gain d'écrêtement : 200 m³/s (scénario de l'EGR)

Caderousse + Vallabrègues = gain de 400 m³/s (scénario de l'EGR)

2.3. REFLEXIONS SUR LE STATUT JURIDIQUE DES ZEC

(à développer au 2^{ème} semestre 2006)

2.4. AMELIORATION DU RESSUYAGE DES ZONES D'EXPANSION DE CRUE

(à développer au 2^{ème} semestre 2006)

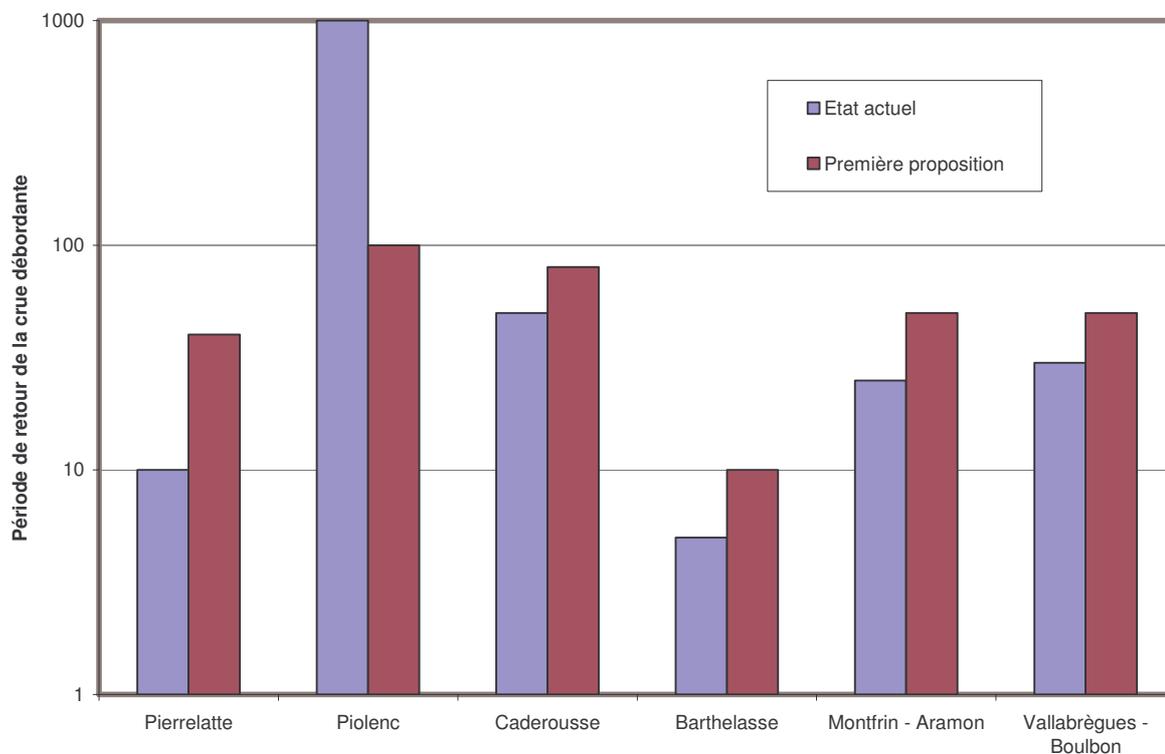
2.5. PREMIERS ELEMENTS SUR LES GAINS A ATTENDRE

2.5.1. ANALYSE QUALITATIVE

Les premières propositions déclinées ci-dessus sont résumés dans le graphique suivant.

Le tableau de la page suivante présente une première analyse qualitative des effets à attendre de la modification des seuils de débordement.

Proposition de modification de fonctionnement des ZEC



DIREN RHONE-ALPES
ASSISTANCE TECHNIQUE POUR L'ELABORATION DU PLAN RHONE
PRE-SCHEMA SUD – NOTE D'AVANCEMENT

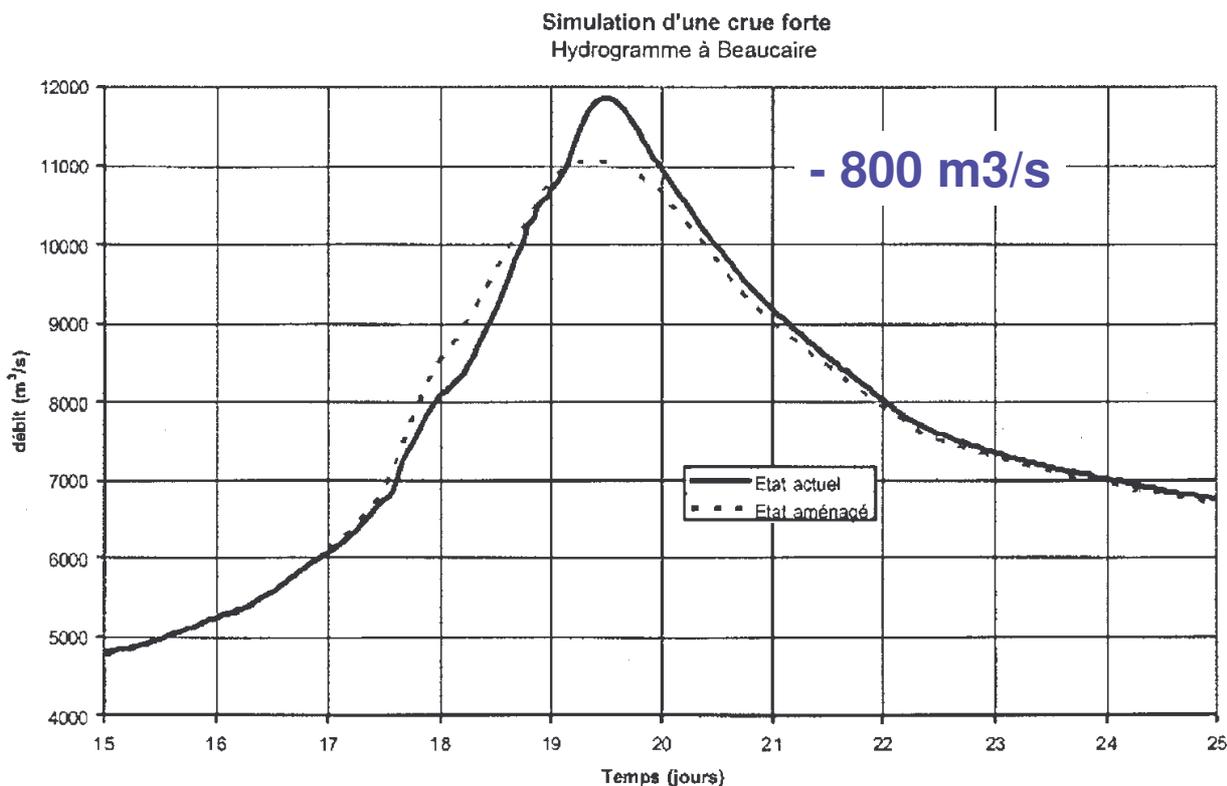
Secteur	Fonctionnement actuel	Principe d'aménagement	Impact Q10	Impact Q30	Impact Q100	Impact Q200	Impact Q1000
<i>Débit Viviers</i>			6100		8120		10100
<i>Débit Beaucaire</i>			8400		11300	12500	14160
Donzère - Mondragon	Inondation pour Q10 (5000 à 6000 m ³ /s)	Endiguement pour supprimer entrées amont + blocage des entrées jusqu'à 7500 m ³ /s (Q30 à Q50)	mise hors d'eau ↗ pour aval	réduction du risque ↗ pour aval	↘ pour aval	↘ pour aval	neutre pour aval ?
Piolenc - Orange	Hors d'eau	Déversement à Q100 (déversoir à 36.7 NGF)	néant	néant	néant	inondation de la plaine ↘ pour aval	inondation de la plaine ↘ pour aval
Caderousse	Déversement à partir de 7500 m ³ /s (Q50)	Déversoir remonté de 7500 à 8500 m ³ /s (cf. test EGR)	néant	néant	incertain	volume inondant réduit ↘ pour aval	situation locale inchangée ? ↘ pour aval
Barthelasse – La Motte	Inondation avant Q10	Protection à Q10 (cf. étude Hydratec)	mise hors d'eau ↗ pour aval	inchangé p-ê ↘ pour aval	inchangé	inchangé	inchangé
Montfrin - Aramon	Inondation de la partie au-delà du Briançon vers 9500 m ³ /s	Calage du « col » du Briançon à 11000 m ³ /s (13.25 NGF environ)	inchangé	réduction du risque ↗ pour aval	↘ pour aval	↘ pour aval	↘ pour aval
Vallabrègues - Boulbon	Déversement à partir de 9800 m ³ /s (Q30)	Déversoir remonté de 9800 à 10600 m ³ /s	inchangé	réduction du risque ↗ pour aval	volume inondant réduit ↘ pour aval	volume inondant réduit ↘ pour aval	situation locale inchangée ? ↘ pour aval
Bilan en première approche			légère aggravation à Beaucaire	aggravation à Beaucaire	réduction à Beaucaire	réduction à Beaucaire	réduction à Beaucaire

2.5.2. PREMIERES SIMULATIONS

Ces premières propositions de modification de la gestion des ZEC ont été modélisées et testées pour deux scénarios de l'EGR.

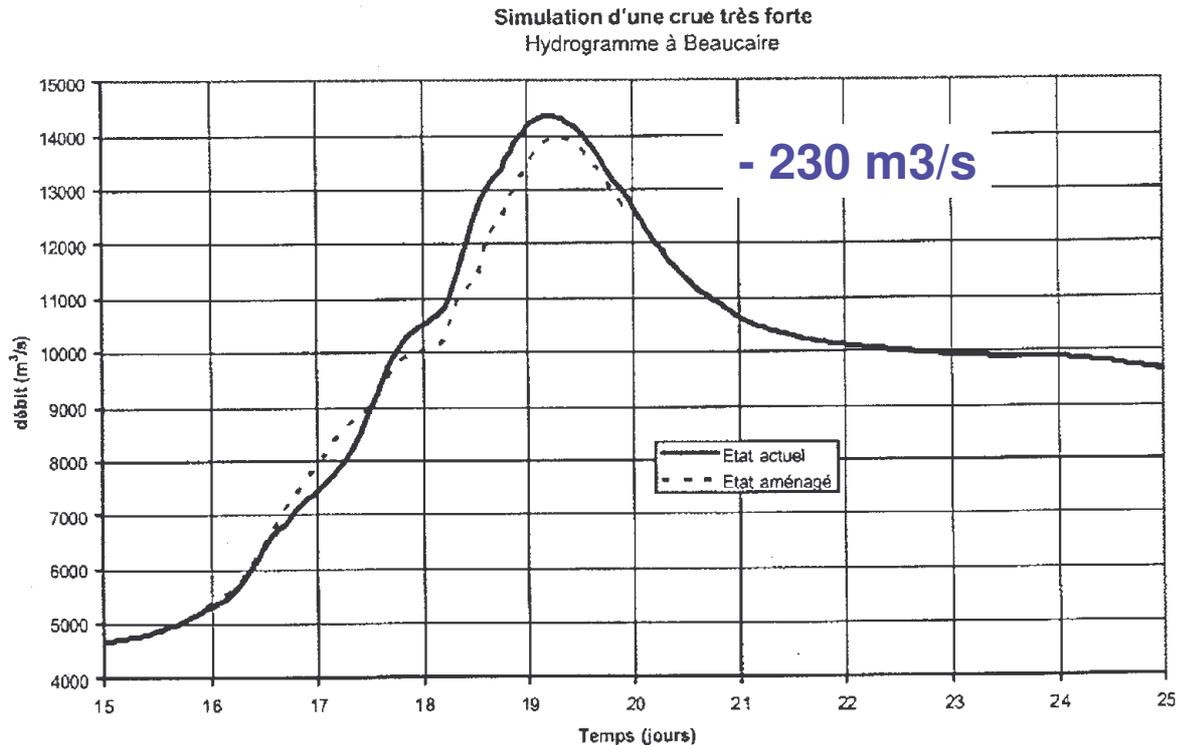
Ces premiers résultats sont encourageants.

En crue forte (type centennal), la pointe crue à Beaucaire est réduite de 800 m³/s : c'est l'ordre de grandeur de l'écart entre la crue de 2003 et celle de 1994.



En crue très forte (type millénal), l'écrêtement est plus modeste (200 m³/s), mais va clairement dans le bon sens.

Toutefois, il ne s'agit là que d'une crue parmi d'autres possibles. Il est donc nécessaire d'étudier les incidences de ces aménagements pour une large gamme de crues.



2.5.3. ANALYSE SUR UN ECHANTILLON DE CRUES

Face à un système aussi complexe que le Rhône, on ne peut pas espérer trouver un mode de gestion des ZEC qui soit bénéfique pour toutes les crues. Il faut donc étudier l'incidence des modes de gestion envisagés sur une large gamme de crues pour pouvoir in fine apprécier si les risques d'aggravation sont acceptables devant l'importance des gains attendus :

- Soit que les crues pour lesquelles il y a amélioration sont nettement plus nombreuses que celles qui sont aggravées, ce qui permet de considérer que, statistiquement, on aura réduit les débits de pointe à l'aval pour une fréquence donnée
- Soit que les crues aggravées sont systématiquement des crues moyennes peu dommageables, tandis que les crues améliorées sont les plus menaçantes.

L'EGR a analysé finement les différents types de crue du Rhône, et a proposé des scénarios de crue très réalistes qui couvrent tout le spectre des crues possibles.

Ces crues ont été forgées en cherchant à retrouver des hydrogrammes caractéristiques aux points clés du bassin, avec des apports intermédiaires des affluents les plus réalistes possibles (en débit de pointe et en concomitance).

Toutefois, ces scénarios ont été établis par sommation / propagation sans tenir compte de l'effet de la propagation réelle des crues dans les ZEC (écrêtement, déformation des hydrogrammes, etc.).

Lorsque ces scénarios ont été injectés dans le modèle hydraulique, il a été nécessaire d'ajuster les débits et les heures d'arrivée de certains affluents, parfois de manière

significative (modification de la concomitance de plusieurs dizaines d'heures) pour obtenir les ordres de grandeur de débit attendus sur le Rhône.

Ces modifications ne remettent pas en cause la pertinence des scénarios de l'EGR. En revanche, il n'est pas sûr que ces scénarios représentent précisément les conditions de concomitance des affluents d'aval qui est au cœur de notre problématique. Cela pourrait entraver l'avancement de la démarche : ne risque-t-on pas de vouloir multiplier les variantes de scénarios en arguant du caractère parfois arbitraire des conditions de concomitance retenues, au point de ne jamais pouvoir conclure ?

C'est pourquoi une autre approche a été envisagée : s'appuyer simplement sur les crues historiques depuis 1840.

Cette approche aurait le mérite d'être facilement compréhensible par tous les acteurs.

Il faut toutefois recueillir l'information historique nécessaire.

Il faut faire une remarque méthodologique importante : le principe serait de prendre les apports des affluents tels qu'ils pourront être recensés, sans tenir compte de l'effet des aménagements postérieurs sur leur bassin versant (retenues de la Durance, par exemple).

Toutefois, les simulations des crues du 19^{ème} siècle ne permettront sans doute pas de retrouver les hydrogrammes observés à Beaucaire en raison des évolutions importantes des conditions d'écoulement des crues sur le Rhône lui-même (évolution du lit, aménagements CNR) et sur les affluents.

C'est pourquoi on s'oriente vers la constitution d'un échantillon de crues composé de trois ensembles :

- Les crues récentes (1955, 1993, 1994, septembre et novembre 2002, 2003, et éventuellement 1996 et 2001)
- Des scénarios de l'EGR s'approchant des crues historiques (1856 et 1840 notamment, mais aussi 1890 caractérisée par une crue majeure de l'Ardèche) qui seront amendés pour se rapprocher au mieux des conditions de concomitance historiquement observées
- Des scénarios de l'EGR pour des crues majeures jamais observées (à 13000 et 14000 m³/s).

Sur la base de cet échantillon de crue, les simulations seront réalisées à l'automne 2006 et les résultats et scénarios présentés au COPIL de décembre 2006.

3.

AVAL DE BEUCAIRE

Avertissement : la première étape de la réflexion détaillée sur le Pré-Schéma sud, présentée ci-dessous, a été conduite à l'aval de Beaucaire, traversée de Beaucaire et Tarascon non comprises.

La poursuite des réflexions portera en particulier sur la sécurisation des quais dans la traversée de Beaucaire et Tarascon et sur la gestion des secteurs de Comps / Aramon et Boulbon / Vallabrègues.

*Les crues de 1993-94 et 2003 ont mis en lumière les limites des aménagements actuels en aval de Beaucaire. Entre Beaucaire et Arles, la capacité des ouvrages de protection est proche de la crue centennale sans revanche. **Les risques en cas de rupture sont majeurs.** Les eaux débordées en rive droite et en rive gauche sont bloquées au niveau du couloir de Saint Gilles et du verrou de Fourchon. Au-delà du problème de l'exutoire, les capacités de stockage sont limitées.*

La capacité du Rhône à la traversée de la zone agglomérée d'Arles est supérieure à celle actuellement existante sur le tronçon Beaucaire-Arles, avec cependant trois points bas à traiter. Cette capacité suppose aussi le renforcement des quais d'Arles en fondation (instabilité actuelle à la décrue) et au niveau des parapets.

La capacité actuelle du petit Rhône ne permet pas de faire transiter la crue centennale sur l'ensemble de son cours. Les risques de brèche y sont également importants et concernent des zones agglomérées comme Fourques, Bellegarde, Saint Gilles, Aigues-Mortes, ainsi que la frange sud du faubourg de Trinquetaille, Albaron (par retour d'eau), Saliers et Gimeaux. Lors des crues de 1993-1994, une vingtaine de brèches s'étaient produites en rive gauche et trois brèches majeures se sont produites en rive droite en 2002 et 2003. Les agglomérations de Port Saint Louis du Rhône, Mas Thibert, Le Sambuc et Salin de Giraud sont aussi à prendre en compte en particulier en cas de concomitance d'une forte crue du Rhône et de niveaux marins élevés.

Enfin, d'une manière générale, les difficultés d'évacuation des eaux à la mer par les embouchures actuelles en cas de débordements sont importantes et génèrent des temps de submersion très importants.

Face à ce diagnostic et au regard de la stratégie de prévention des inondations, les objectifs sont de deux ordres :

- **assurer un niveau de protection cohérent, compte tenu des enjeux relatifs, pour les endiguements du Rhône et de ses défluences,**

- *minimiser les dommages en cas de crues exceptionnelles.*

Les scénarios qui suivent sont développés par secteurs géographiques cohérents.

Les scénarios étudiés reposent sur le principe d'une conservation globale des usages des terres sur le delta.

D'autres scénarios plus ambitieux permettraient une gestion des crues fort différente. Les réflexions sur un décorsetage ambitieux du Petit Rhône, esquissées ici, en donnant une idée, mais d'autres voies pourraient être exploitées (ouverture de nouveaux débouchés en mer, par exemple). Mais il s'agirait alors de véritables choix d'aménagement du territoire qui dépassent la seule approche hydraulique. Les délais dévolus à la définition de ce schéma ne permettaient pas d'engager une concertation large autour d'une remise en question de certains usages territoriaux.

L'adoption de ce schéma ne doit pas empêcher de poursuivre des réflexions larges sur le devenir des différents espaces.

Avertissement :

Sauf mention contraire, les débits indiqués sont les débits à Beaucaire : sur les deux bras du Rhône, il ne s'agit donc pas des débits observés localement.

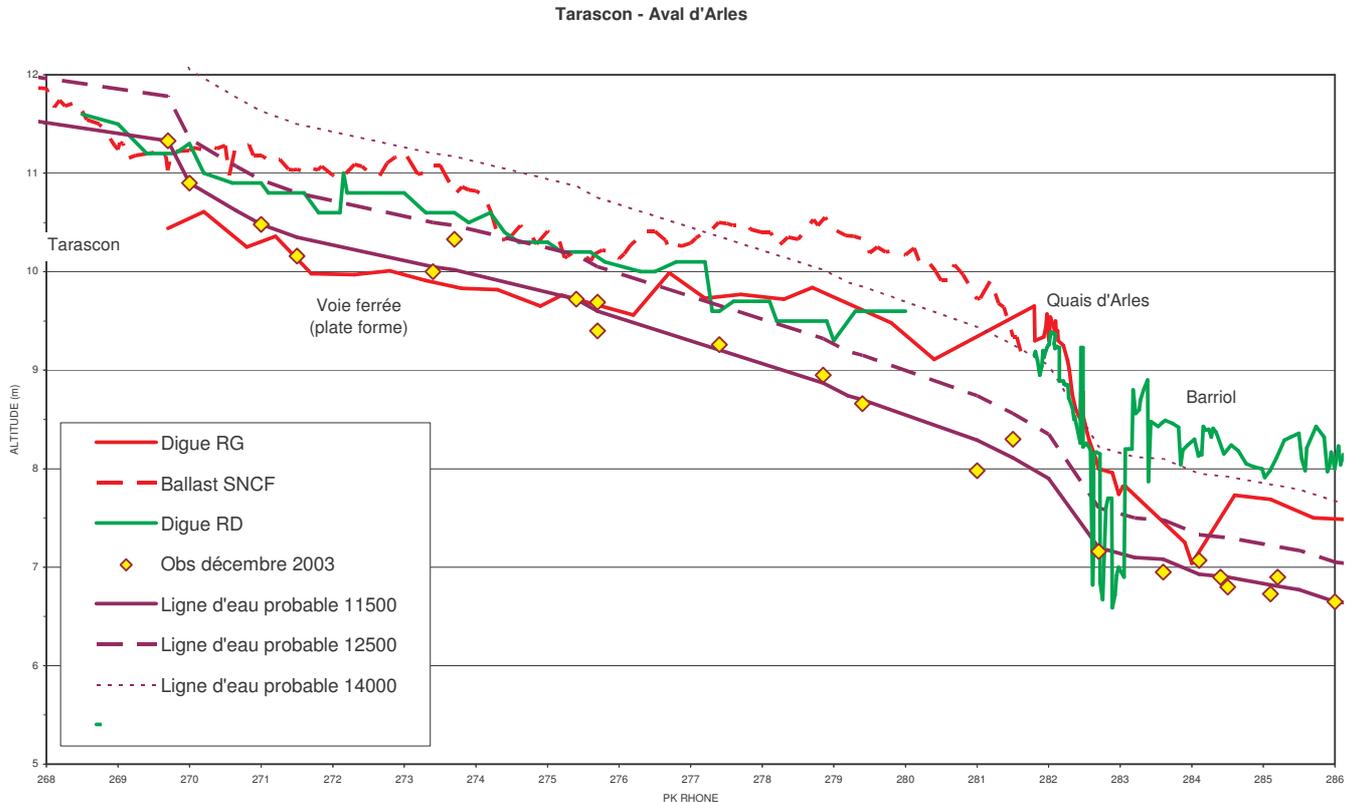
Le niveau marin retenu dans le cadre des simulations est de 1.30 mètre NGF, hypothèse haute de l'étude globale Rhône.

Remarque sur la répartition Petit Rhône / Grand Rhône

La répartition des débits entre les deux bras du Rhône reste assez voisine pour toute la gamme des débits (le Petit Rhône recueillant 11 à 13% des débits).

Des réflexions pour modifier la répartition entre les deux bras du Rhône, pour soulager le Petit Rhône plus vulnérable, ont été amorcées lors de l'EGR, puis abandonnées devant l'importance des ouvrages de régulation à envisager et les risques de perturbation du transit des sédiments.

3.1. ENTRE BEUCAIRE ET ARLES



3.1.1. SITUATION ACTUELLE

La crue de décembre 2003 a mis en évidence les limites du système de protection :

- ✓ absence de sécurité dès 11000 m³/s (le remblai ferroviaire a été sollicité au-delà de ces capacités même si aucune brèche majeure n'a été à déplorer) ;
- ✓ les risques de rupture sont majeurs sur les deux rives à partir de 11500 / 12000 m³/s.

Or ce secteur contrôle l'ensemble du delta avec en outre des secteurs sensibles au débouché des secteurs menacés (Arles – Fourchon / St-Gilles).

3.1.2. PRINCIPES

La capacité maximale qu'on peut assurer dans la traversée d'Arles avec des aménagements raisonnables (surélévation des points bas) est de l'ordre de 12500 m³/s (débit à Beaucaire).

Le principe général de l'aménagement sera d'assurer la plus forte protection possible, notamment entre Beaucaire et Arles, tout en limitant le débit à Arles à la capacité des quais hors points bas, même pour une crue de 14000 m³/s.

La gestion des digues entre Beaucaire et Arles sera articulée en fonction des quatre objectifs suivants :

- Se prémunir contre les risques de rupture de digues, qui constituent le risque majeur pour le delta (en cas de rupture, les volumes déversés sont multipliés par un facteur 3 à 10, voire plus, par rapport à un simple déversement)
- Eviter tout débordement jusqu'à une crue supérieure à la crue centennale (crue type décembre 2003)
- Accepter des débordements suffisants pour les crues plus forte de façon à ne pas dépasser la capacité générale dans la traversée d'Arles jusqu'à la crue millénale (14000 m³/s)
- Garantir l'absence d'incidences sur les niveaux de crue dans la traversée de Beaucaire et Tarascon

3.1.3. POSSIBILITE D'ACCROISSEMENT DE LA CAPACITE DU LIT

Par recul des digues

La question a été posée de l'opportunité d'un recul de la digue rive droite pour accroître la capacité d'écoulement du Rhône entre digues

Un calcul sommaire montre qu'un déplacement de la digue rive droite de 700 m permettrait d'écouler un débit supplémentaire de 1000 m³/s sous le niveau de la plate-forme ferroviaire de rive gauche. Mais une telle option pose des problèmes majeurs :

- Le recul inclurait dans la zone normalement inondable du Rhône un habitat assez développé : à titre d'exemple, l'extrait ci-dessous montre le positionnement d'une digue reculée de 700 m (en rouge)
- Il faudrait toutefois appliquer ce recul dès la diffluence pour que le remous d'aval s'estompe au droit du point bas du profil en long de la plate-forme.
- Enfin, cet aménagement ne changerait pas fondamentalement le problème de la sécurisation du remblai ferroviaire : certes, la plate-forme actuelle contiendrait un débit de 12000 m³/s, mais une crue de 14000 m³/s resterait débordante : il faudrait donc soit assurer le renforcement du talus de la voie ferrée côté val sur plusieurs km pour prévenir tout risque d'érosion par déversement, soit rehausser de toute façon les parties qui ne seraient pas renforcées au déversement.

Tronçon Beaucaire - Arles

BA 6

Accroissement de la capacité du lit entre Beaucaire et Arles

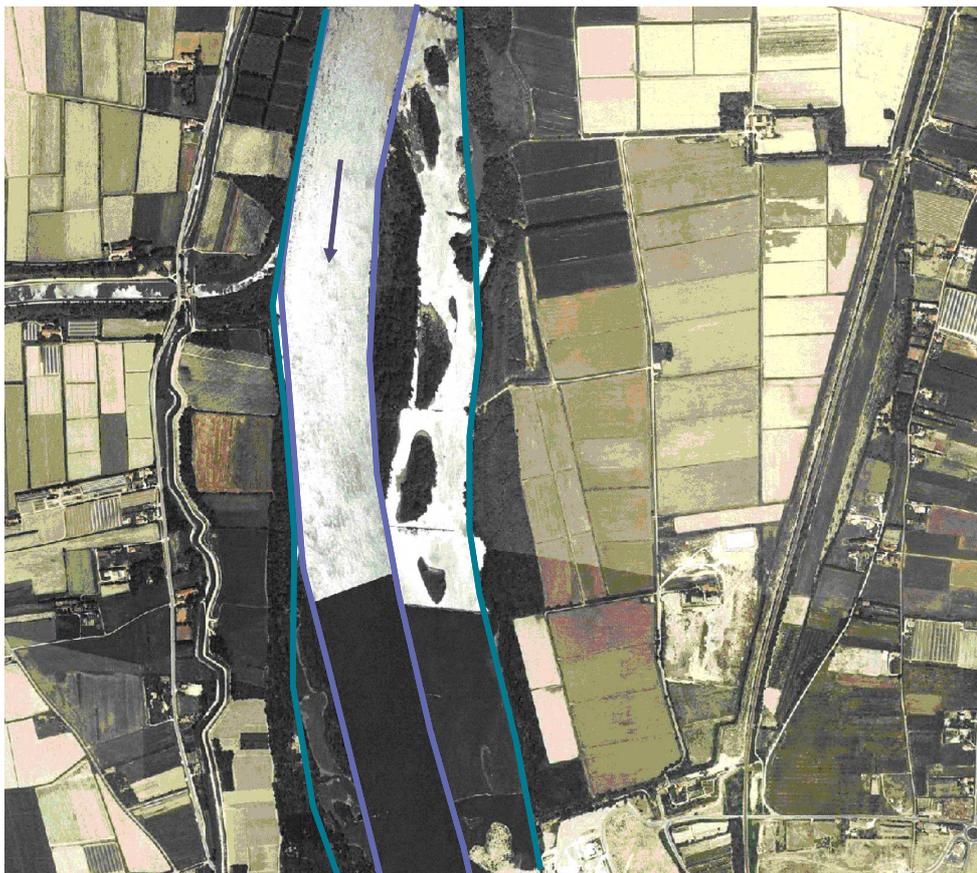
Maîtrise d'ouvrage à définir (CNR ?)

Objectifs :

- **Abaisser les niveaux de crue au droit de Beaucaire et à l'amont**
- **Prévenir l'exhaussement des marges alluviales**
- **Compenser les conséquences des aménagements anciens de protection contre les crues et de navigation**

Amélioration de la capacité d'écoulement des casiers Girardon

Réflexion pour accroître la capacité d'écoulement des casiers Girardon sans pénaliser la qualité environnementale de ces milieux et perturber la navigation actuelle : suppression des digues transversales (tenons), dégagement d'une largeur minimale constante, etc.)



*Exemple d'emprise des « casiers Girardon » sur le lit du Rhône,
et de la marge d'intervention disponible*

Amélioration de la capacité d'écoulement des lônes

Accroissement de la capacité de la lône de Pillet

Dégagement des marges alluviales.

Dégagement de certaines zones boisées, par exemple au droit des usines Tembec

Ces actions devront être étudiées en interaction étroite avec les objectifs d'amélioration de la qualité environnementale des milieux alluviaux du Rhône.

Des actions pilotes seront nécessaires pour vérifier la pertinence des mesures envisagées.

Coût : non chiffré à ce stade

3.1.4. DEVENIR DES VOLUMES DEBORDANTS

Le volume de débordement pour une crue de 14000 m³/s est de l'ordre de 150 à 180 Mm³ (pour le scénario général 3 de l'EGR, mais aussi pour une crue type 2003 extrapolée à 14000 m³/s : la pointe de cette crue est assez typique des crues du Rhône ; c'est la vitesse de montée et de décrue qui a été exceptionnellement rapide) pour une durée de débordement de 40 h environ.

La question centrale est la répartition des volumes entre les deux rives.

L'approche « politique » inciterait à préconiser une répartition 50/50, soit 75 à 90 Mm³ sur chaque rive.

Des éléments techniques permettent-ils d'infléchir cette première approche ?

Volumes disponibles dans les zones inondables

En rive droite, la zone inondable en amont de l'autoroute A54 a une surface de 57 km². Le niveau d'inondation de décembre 2003 a été 3,5 NGF, pour un TN compris entre 1 et 3 NGF : soit en première approximation un volume de 70 à 100 Mm³.

En rive gauche, les débordements plus limités de 2003 par les deux trémies de la voie ferrée ont atteint 15 Mm³. Mais les débordements du Rhône n'ont pas atteint lors de cette crue les marais des Baux (les inondations qui y ont été observées ont été produites par du ruissellement local). Cette zone, d'une superficie de 28 km², présente un terrain naturel très bas (autour de 1 NGF en moyenne). Au total, on doit pouvoir gérer sans trop de difficultés jusqu'à 60 à 80 Mm³ dans les marais d'Arles.

Enjeux menacés

Une étude détaillée des enjeux concernés devra être menée.

Sur les deux rives, les plaines concernées sont parsemées d'un habitat diffus, dont la densité ne paraît pas sensiblement différente entre le Gard et les Bouches-du-Rhône.

Les enjeux majeurs concernés sont :

- Les quartiers bas de Bellegarde et les quartiers nord de Fourques, en rive droite, et les quartiers nord d'Arles en rive gauche (dont la protection est d'ores et déjà

programmée). Des protections rapprochées similaires pourront être envisagées pour Bellegarde et Fourques.

- La zone d'activité de St-Gilles en rive droite et la zone industrielle de Fourchon en rive gauche.
- Le centre ville d'Arles, si les niveaux dans le verrou de Fourchon dépassent un certain seuil

Il semble que les volumes de débordements en jeu pourront être gérés dans les marais d'Arles sans risques majeurs pour la zone de Fourchon (quitte à prévoir un ouvrage favorisant la rétention des eaux en amont de Fourchon) et a fortiori pour le centre ville d'Arles.

Possibilités de ressuyage

Les volumes déversés dans les plaines posent des problèmes de ressuyage sur les deux rives :

- En rive gauche, la vidange passe nécessairement par le canal du marais des Baux qui, après la traversée de la zone de Fourchon, rejoint le canal d'Arles à Fos par le siphon de Montcalde. Le ressuyage a demandé plusieurs mois en 2003.
- En rive droite, la plaine en amont de l'autoroute ne dispose pas de dispositif de ressuyage adapté (l'utilisation de la prise d'eau BRL en sens inverse est possible), et le casier de St-Gilles est bloqué par le canal du Rhône à Sète.

Sur les deux rives, les conditions de ressuyage devront être fortement améliorées.

A ce stade, il ne paraît donc pas facile de justifier une répartition différente des débits et volumes entre les deux rives. Les études détaillées devront toutefois vérifier les hypothèses précédentes sur Arles.

On reviendra plus loin sur la gestion des volumes débordés.

3.1.5. PRINCIPES GENERAUX DE CALAGE ET DE RENFORCEMENT DES DIGUES

En rive droite, le principe sera de régler la digue environ 30 cm au-dessus du niveau de décembre 2003, de façon à supprimer tout débordement pour une crue de cette ampleur même en l'absence de toute brèche à l'aval. Ce niveau correspond aux points bas actuels de la digue.

Pour des crues plus fortes, des déversements doivent rester possibles afin de respecter les objectifs de protection retenus pour Arles.

Le parement aval sera renforcé pour assurer la résistance de la digue en cas de déversements : cette mesure permet de réduire considérablement les volumes déversés par rapport à la situation actuelle qui verrait des ruptures de digue inéluctables pour des crues à peine supérieures à celle de décembre 2003.

Eventuellement, certains tronçons pourront être calés plus hauts : ils devront alors être calés au-dessus d'une crue de 14000 m³/s pour que l'on puisse s'abstenir de les renforcer au déversement.

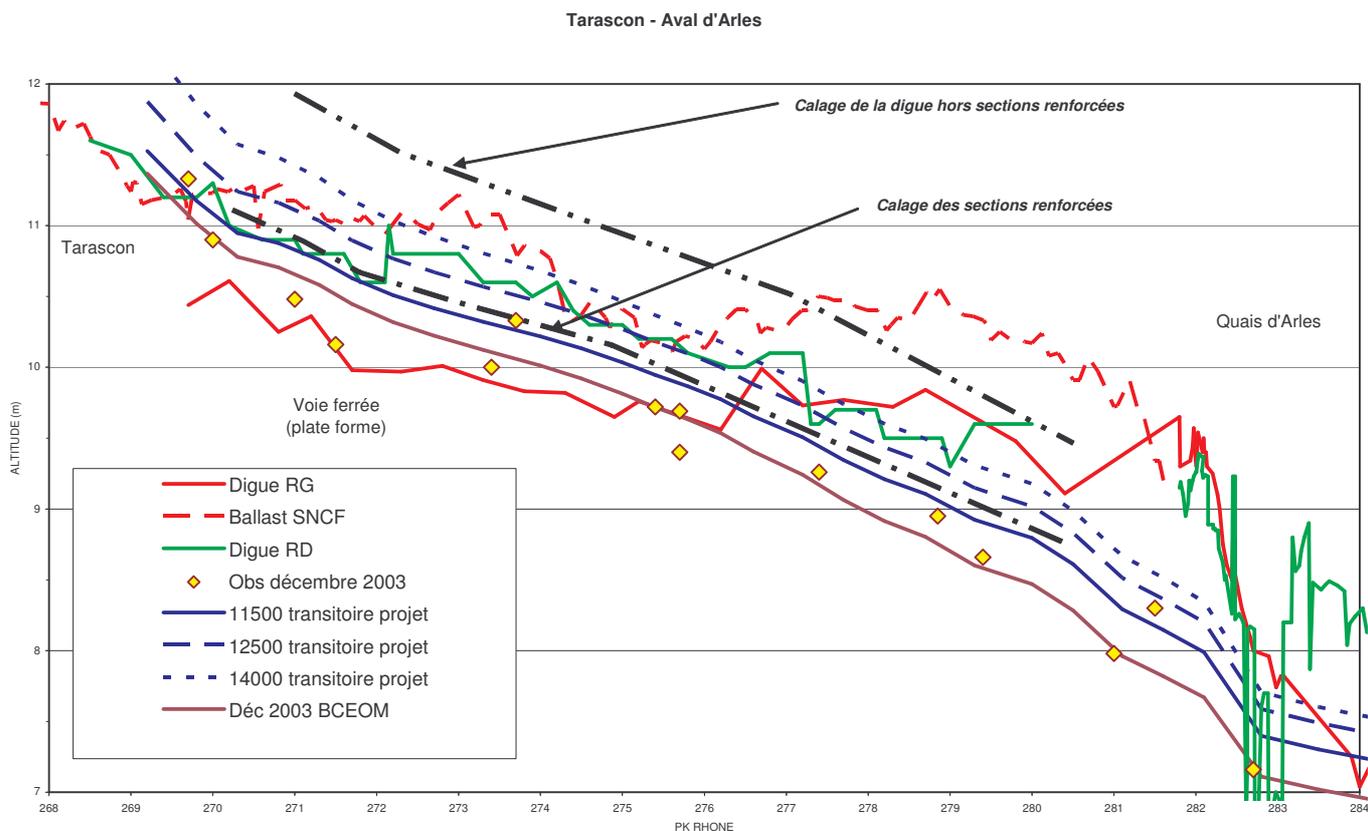
En rive gauche, le principe de calage sera le même, de façon à assurer l'équilibre rive gauche / rive droite. Toutefois, la présence du ballast de la voie ferrée conduit à des propositions plus complexes, mais hydrauliquement équivalentes.

Ces principes conduisent ainsi :

- A conserver globalement la cote de digue rive droite sur la majeure partie du linéaire
- A abaisser l'obstacle hydraulique que constitue de fait le ballast de la voie ferrée, même s'il ne s'agit pas d'un ouvrage hydraulique fiable.

Ainsi, par rapport à l'état actuel sans rupture de digue, on ne rehausse pas les protections, au contraire : il n'y a donc pas lieu de craindre d'incidences négatives pour l'amont (secteur de Beaucaire / Tarascon). Et personne ne peut considérer les ruptures de digue, qui seraient aujourd'hui inéluctables, comme faisant partie d'un état de référence « normal ».

Les études détaillées devront confirmer cette absence d'incidence à l'amont.

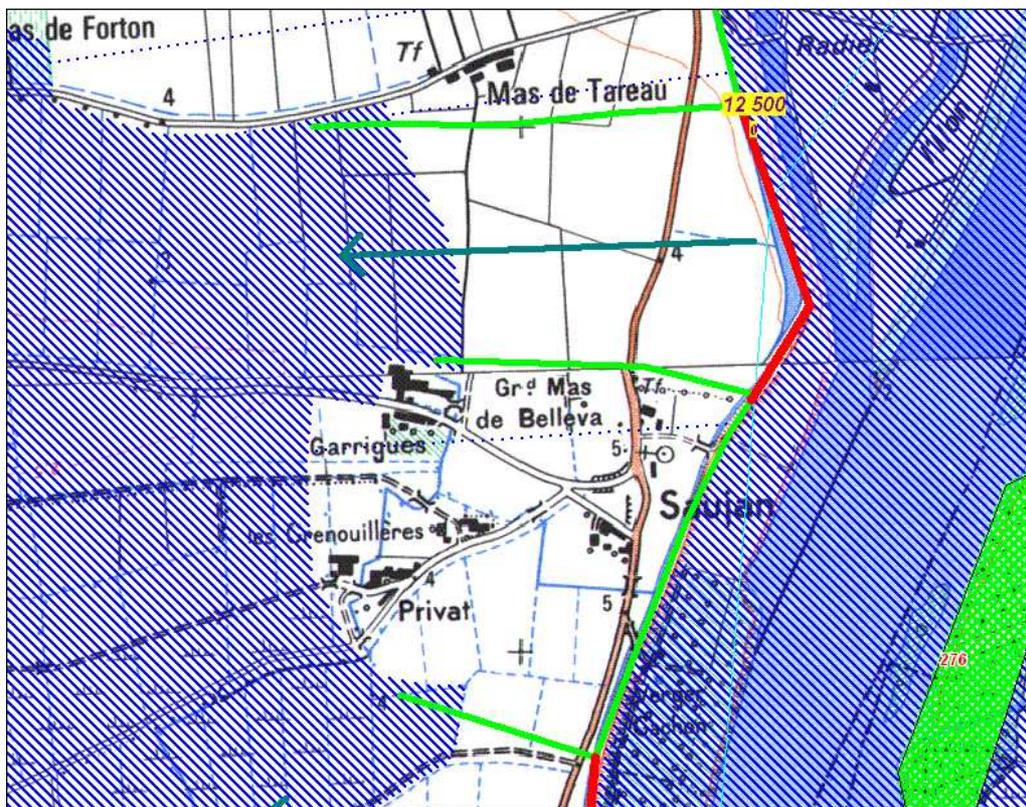


3.1.6. AMENAGEMENT DE LA DIGUE RIVE DROITE

Le principe de base sera le réglage de la digue environ 30 cm au-dessus du niveau de décembre 2003 (soit au niveau des parties les plus basses de la digue actuelle) pour assurer la sécurité d'Arles.

Toutefois, on pourra envisager de rehausser la digue au droit des zones habitées pour favoriser les déversements vers les zones moins sensibles. Mais les longueurs des sections pouvant déverser au-delà d'une crue type décembre 2003 devront être suffisamment longues pour que ces rehausses restent sans conséquences pour l'amont et pour l'aval. En première approximation, il faut prévoir une longueur déversante de 3 km au minimum pour que les incidences soient acceptables : cette valeur limite devra être validée par une étude hydraulique détaillée, notamment en fonction du calage précis des sections renforcées, de la localisation de ces sections et de leur disposition respective sur les deux rives.

En complément, on pourrait envisager des petites levées guide-eau pour conduire les eaux vers la plaine inondable en épargnant les hameaux.



Exemple d'alternance entre sections hautes (en vert) et sections renforcées au déversement (en rouge) avec des guide-eau jusqu'à la plaine inondable

Tronçon Beaucaire - Arles	BA 1
Maîtrise des déversements sur la digue rive droite entre Beaucaire et Arles	
Maîtrise d'ouvrage : SYMADREM	
Objectifs : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Protéger la digue contre les risques de rupture de digues, qui constituent le risque majeur pour la tête du delta (volumes débordants x 3 ou 10) ➤ Limiter les débits à Arles à la capacité actuelle hors points bas pour les crues supérieures ➤ Garantir l'absence d'incidences (surélévation des niveaux) en amont sur Beaucaire et Tarascon 	
a/ Option de base : renforcement au déversement de toute la digue <ul style="list-style-type: none"> ➤ Réglage de la crête de digue environ 30 cm au-dessus de décembre 2003 ➤ Renforcement du parement aval pour assurer la résistance de la digue en cas de déversement ➤ Eloignement du canal et/ou protection en pied de la digue 	
b/ Variante : rehausse de la digue au droit des zones habitées Pour éviter les déversements au droit des zones habitées : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Rehausse de la digue au droit des zones habitées ➤ Renforcement allégé dans ces secteurs, voire pas de renforcement du tout si la digue est calée au-dessus de la ligne d'eau à 14000 m³/s ➤ Eventuellement, levées d'accompagnement pour guider les eaux débordantes jusqu'à la plaine inondable en protégeant les hameaux Limite : conserver un linéaire minimum de sections submersibles pour assurer l'objectif de débit à Arles et ne pas aggraver les niveaux de crue en amont (au moins 3 km en première approximation).	
Coût : 18 M€ (éléments de chiffrage du paragraphe 1.5)	

3.1.7. PROTECTION DE LA RIVE GAUCHE

La plate-forme de la voie ferrée est trop basse (submersible à 11500 m³/s). En revanche, le ballast est calé à 12500 m³/s ou plus haut. Se pose donc le problème du franchissement du ballast si on veut assurer une répartition équilibrée des débordements entre les deux rives.

Diverses options ont été esquissées : elles devront faire l'objet d'études de détail pour choisir l'optimum économique. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

a/ Nouvelle digue et transparence du remblai RFF

Nouvelle digue indépendante du remblai RFF, renforcée pour résister au déversement.

Linéaire déversant et renforcé équivalent en terme hydraulique à celui de la rive droite : soit même longueur disposée en vis-à-vis, soit longueur plus courte disposée en amont (donc hydrauliquement plus efficace).

Ouverture d'ouvrages de transparence sous le remblai ferroviaire : environ 400 m² de section hydraulique, soit 100m d'ouverture cumulée.

Position de la digue par rapport au remblai :

➤ Digue à l'ouest du remblai

- Empiètement sur le champ d'écoulement des crues
- Mais ouvrages de transparence plus efficaces, donc sections nécessaires inférieures
- Voie ferrée hors d'eau en toutes hypothèses
- Pas de renforcement nécessaire du remblai RFF, qui ne sera plus soumis à une forte pression hydraulique



➤ Digue à l'est du remblai

- Pas d'empiètement sur le champ d'écoulement des crues
- Ouvrages de transparence plus importants
- Interruption probable du trafic ferroviaire en crue majeure
- Risques sur le remblai ferroviaire liés à la saturation de l'ouvrage



Avantage de cette option : séparation claire des fonctions et des responsabilités des maîtres d'ouvrage en le gestionnaire de la digue et RFF.

Inconvénient : coût majoré et emprise foncière accrue par rapport à une contre-digue accolée au remblai ferroviaire.

Coût : 49 M€ (éléments de chiffrage du paragraphe 1.5)

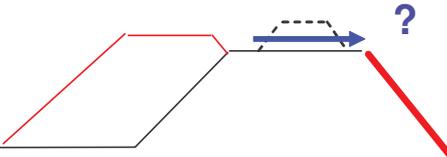
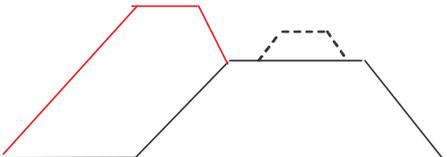
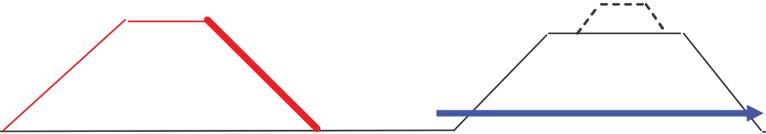
b/ Contre-digue et transparence du ballast

Contre-digue calée à la même cote que la digue rive droite, placée à l'est ou à l'ouest du remblai ferroviaire.

Renforcement au déversement du parement côté val de l'ouvrage (contre-digue + remblai ferroviaire).

Problème de la transparence du ballast :

- Reprise du profil de la voie ferrée ?
- Transparences dans le ballast (mise en estacade) ??


Coût : 58 M€ (éléments de chiffrage du paragraphe 1.5) (avec reprise de la voie, hors sujétions liées au trafic ferroviaire)
c/ Contre-digue accolée au remblai ferroviaire + ouvrages inférieurs de transparence Contre-digue accolée au remblai calée au-dessus d'une crue de 14000 m ³ /s + points de débordements contrôlés en demi-cercle devant le remblai conjugués à des ouvrages inférieurs. Hypothèse de 3 km de longueur déversante. <i>Coupe type au droit de la contre-digue</i>

<i>Coupe-type au droit des sections déversantes renforcées associées à un ouvrage de transparence.</i>

Coût : 33 M€ (éléments de chiffrage du paragraphe 1.5)
Problématique de l'équilibre entre les deux rives : <ul style="list-style-type: none">➤ Soit linéaire déversant équivalent hydrauliquement à la rive droite (quitte à réduire le linéaire déversant en rive droite) pour assurer une répartition 50/50 des déversements➤ Soit répartition différente rive gauche / rive droite.

L'option qui semble la plus raisonnable est la dernière option, avec création d'une contre-digue et aménagement de sections renforcées au droit de nouveaux ouvrages de transparence.

Une étude préalable devra être conduite entre Beaucaire et Arles **sur les deux rives** pour définir précisément, en concertation avec tous les acteurs, la localisation des sections renforcées et des transparences sous le remblai ferroviaire : **il n'est pas envisageable que cette distribution des sections déversantes soit fixée pour une rive indépendamment de l'autre rive.**

Tronçon Beaucaire - Arles	BA 0
Etude de définition précise des modalités de sécurisation des digues entre Beaucaire et Arles	
<i>Maîtrise d'ouvrage : SYMADREM</i>	
Objectifs : <ul style="list-style-type: none">➤ Préciser la localisation et l'importance des sections renforcées au déversement➤ Affiner le calage et vérifier l'absence de conséquences dommageables pour l'amont ou pour l'aval	
<p>Pour que la démarche soit efficace, il faudra restreindre le champ de cette étude au tronçon entre Beaucaire et Arles (y compris l'affinement des calculs au droit des quais d'Arles si cela n'est pas étudié par ailleurs par le Symadrem) sans vouloir étudier dans le détail le devenir des eaux débordantes. Cela se justifie dans la mesure où il ne s'agit pas « d'envoyer » de l'eau dans la plaine, mais de maîtriser et limiter des débordements qui seraient aujourd'hui catastrophiques.</p>	
Coût : 0,1 M€	

Tronçon Beaucaire - Arles	BA 2
Protection de la rive gauche au droit du remblai RFF	
Maîtrise d'ouvrage : RFF et/ou SYMADREM	
Objectifs : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Protéger la digue contre les risques de rupture de digues, qui constituent le risque majeur pour la tête du delta (volumes débordants x 3 ou 10) ➤ Limiter les débits à Arles à la capacité actuelle hors points bas pour les crues supérieures ➤ Garantir l'absence d'incidences en amont sur Beaucaire et Tarascon 	
Contre-digue accolée au remblai ferroviaire + ouvrages inférieurs de transparence Contre-digue accolée au remblai calée au-dessus d'une crue de 14000 m ³ /s + points de débordements contrôlés en demi-cercle devant le remblai conjugués à des ouvrages inférieurs. Hypothèse de 3 km de longueur déversante. Environ 100 m d'ouverture d'ouvrages de transparence sous le remblai (soit 7,5 m ³ /s/m, à comparer aux écoulements sous les trémies en décembre 2003 qui ont dépassé 10 m ³ /s/m).	
Coût : 33 M€ 7 km de contre-digue à 2 M€/km 3 km de sections renforcées à 4 M€/km Ouvrages de transparence : 7 M€ <i>(éléments de chiffrage du paragraphe 1.5)</i>	

3.1.8. REMARQUES COMPLEMENTAIRES

Les observations de niveaux de 1994 et 2003 semblent montrer une perte de charge notable dans le tronçon de part et d'autre du pont de la RD99 (pont aval de Tarascon, vers la plate-forme portuaire de Beaucaire et les usines Tembec), lié sans doute à la concentration des écoulements entre des plates-formes remblayées insubmersibles. Il sera intéressant d'étudier la possibilité d'un recul de ces plates-formes pour réduire les niveaux d'eau en amont, dans la traversée de Tarascon – Beaucaire.

3.2. GESTION DES VOLUMES DEVERSES SUR LE TRONÇON BEUCAIRE – ARLES

3.2.1. GESTION DES VOLUMES DEVERSES EN RIVE DROITE, EN AMONT DE L'A54

Le Syndicat Intercommunal qui gère la plaine de Fourques – Bellegarde a déjà réfléchi à un programme pour améliorer le ressuyage de la plaine, que nous reprenons ici.

Il s'appuie notamment sur l'utilisation de la prise d'eau BRL à contre sens, et sur l'amélioration des capacités de pompage.

En complément, on peut envisager les mesures suivantes :

- Aménagement d'une « porte » (grand clapet) à la Petite Argence (en amont immédiat de l'A54) pour favoriser la vidange de la plaine lorsque le Petit Rhône a suffisamment baissé : il s'agit de s'inspirer des ouvrages mis en place par la CNR sur les casiers de Printegarde ou de Courtine à Avignon.
- Protections rapprochées de Fourques et de Bellegarde par des digues basses, permettant d'assurer rapidement une protection des secteurs sensibles, sans attendre la réalisation de l'ensemble du dispositif de sécurisation.

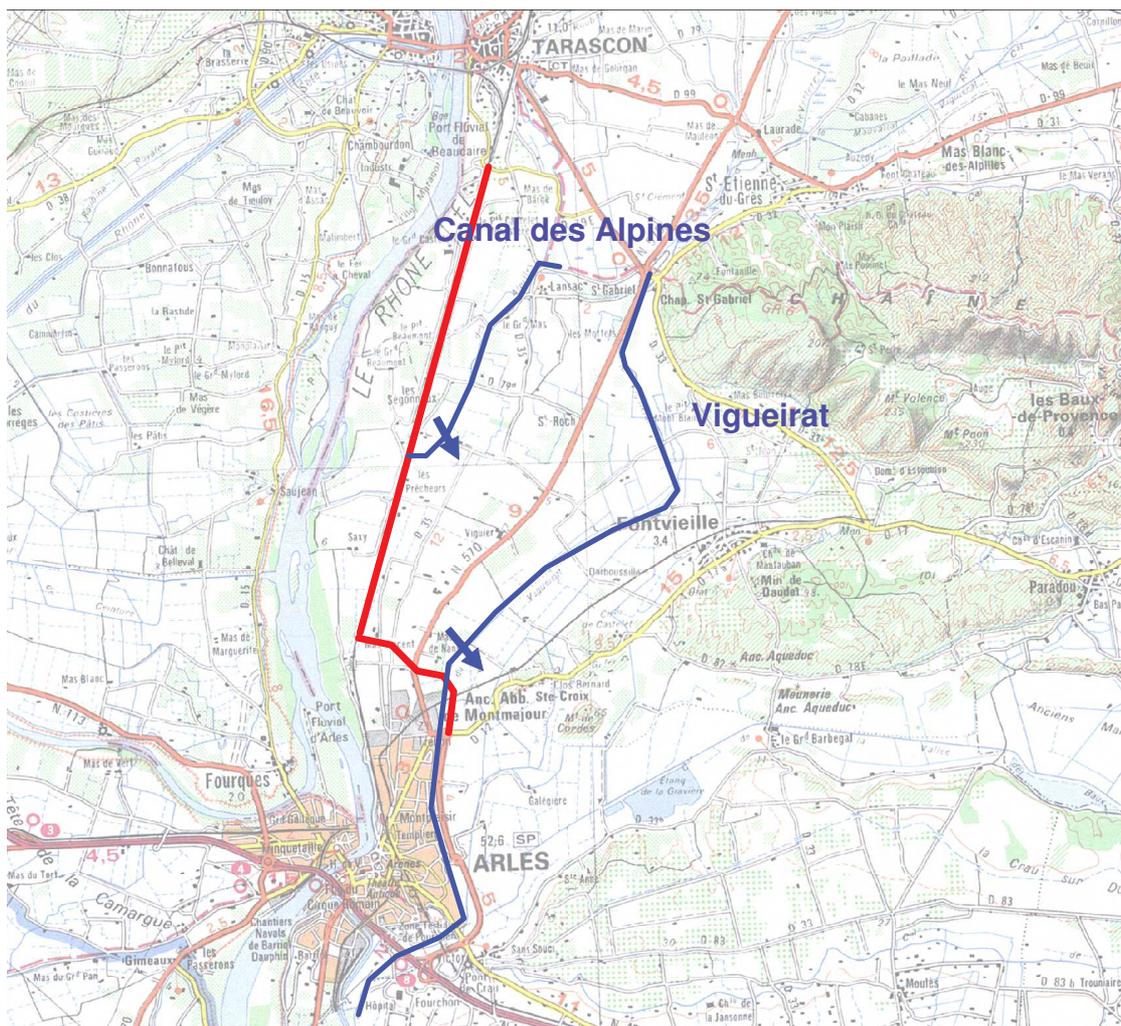
Tronçon Beaucaire - Arles	BA 3a
Gestion des volumes déversés en RD (amont de l'A54)	
Amélioration du ressuyage des terres entre Bellegarde et Fourques	
<i>Maîtrise d'ouvrage : Syndicat intercommunal d'assainissement agricole de la région du canal de navigation</i>	
Programme de base du syndicat intercommunal	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Doublement de la capacité de pompage à Grand Cabane (12 m³/s au lieu de 6) ➤ Utilisation des portes d'entrée du canal BRL à contre-sens ➤ Sécurisation de l'alimentation électrique de la station de pompage ➤ 2 pompes à l'entrée du canal BRL ➤ Télégestion des ouvrages ➤ Conventionnement pour la prise en charge des coûts de pompage en cas de crue du Rhône 	
Adoption d'un règlement d'eau pour l'utilisation du canal de navigation du Rhône à Sète lors des crues	
Définition des modalités de gestion des ouvrages mobiles (écluse de St-Gilles, etc.) en fonction de l'origine des eaux de crue (Rhône, coteaux, Vistre, etc.) et des niveaux constatés en différents points clés.	
Coût : 3 M€	
Selon étude de faisabilité de la DDAF30 pour le Syndicat	

Tronçon Beaucaire - Arles	BA 3b
Gestion des volumes déversés en RD (amont de l'A54)	
Porte d'évacuation de la plaine de Bellegarde	
<i>Maîtrise d'ouvrage : SYMADREM ?</i>	
Clapet d'évacuation à la petite Argence, (ou plus en aval si la levée amont de St-Gilles est réalisée à l'aval de l'A54) pour faciliter le ressuyage de la plaine (système type Courtine) lorsque le Rhône a baissé	
Coût : 2 M€	

Tronçon Beaucaire - Arles	BA 3c
Gestion des volumes déversés en RD (amont de l'A54)	
Protections rapprochées	
<i>Maîtrise d'ouvrage : SYMADREM ?</i>	
<p>Protection rapprochée de Fourques Y compris parachèvement du renforcement des digues côté Petit Rhône + digue basse de 2,2 km</p> <p>Protection rapprochée de Bellegarde Digue basse de 3,2 km</p> <p>Nota : les quartiers sud de Beaucaire sont suffisamment hauts pour ne pas être inclus dans la zone inondable de la plaine entre Bellegarde et Fourques (cf. crue de décembre 2003) : seul un habitat dispersé est concerné. Aucune protection rapprochée des quartiers sud de Beaucaire n'est donc prévue.</p>	
Coût : 8,1 M€	
Protection rapprochée de Fourques <ul style="list-style-type: none"> ➤ Côté Rhône : 5,4 M€ ➤ Côté plaine : 1,1 M€ 	
Protection rapprochée de Bellegarde : <ul style="list-style-type: none"> ➤ 1,6 M€ 	
(éléments de chiffrage du paragraphe 1.5)	

3.2.2. GESTION DES VOLUMES DEVERSES EN RIVE GAUCHE

Les eaux débordantes en rive gauche entre Beaucaire et Arles s'étagent dans trois « casiers » successifs : le casier contrôlé par le canal des Alpines (TN 7 NGF, cote 8 NGF environ lors de la crue de décembre 2003), le casier du Trébon contrôlé par les digues du Vigueirat (TN 4 NGF, environ 5,2 NGF en 2003), et le casier des marais d'Arles et des Baux, contrôlé par les obstacles de la traversée de Fourchon (TN entre 0 et 3 NGF, cote 3 NGF environ en 2003).



La gestion des eaux dans ce secteur s'articulera en quatre volets :

- Protection rapprochée des secteurs sensibles (quartiers nord d'Arles, quartiers sud de Tarascon, zone d'activité de Fourchon)
- Accroissement de la capacité de ressuyage des divers casiers
- Suppression des risques de ruptures d'ouvrages secondaires (digue du canal des Alpines, digues du Vigueirat)
- Accroissement de la capacité de stockage dans les marais des Baux pour assurer la protection de Fourchon

Protection rapprochée des secteurs sensibles

La protection des quartiers nord d'Arles sera assurée par un barreau de fermeture, actuellement à l'étude.

La protection des quartiers sud de Tarascon, touchés en 2003 par l'accumulation des eaux en amont du canal des Alpines, peut passer :

- par l'abaissement des niveaux en amont du canal, en assurant la transparence du canal (voir ci-dessous)
- en complément, par une petite levée le long de la déviation sud de Tarascon

Accroissement de la capacité de ressuyage des divers casiers

Le ressuyage du casier à l'amont du canal des Alpines pourrait être améliorée par un ouvrage de vidange vers le Rhône, mais sera plus valablement assurée par une transparence du canal (voir ci-dessous).

Le ressuyage du casier du Trébon est prévu dans le cadre du projet de protection des quartiers nord. Il pourrait comprendre :

- un ouvrage gravitaire de vidange vers le Rhône
- une station de pompage vers le Rhône
- une amélioration du fonctionnement du contre-canal au pied du canal du Vigueirat et du siphon de Flèche sous le Vigueirat.

Ces ouvrages devront être adaptés aux options retenues pour la sécurisation du remblai RFF.

Le ressuyage du casier des marais des Baux s'appuiera sur :

- L'accroissement de la capacité d'évacuation gravitaire à travers les marais des Baux
- La restauration de la station de pompage à l'amont de Fourchon pour accélérer la vidange finale du casier
- Une réflexion sur une meilleure exploitation de la capacité d'évacuation du canal d'Arles à Fos
- Une évacuation partielle des eaux vers les marais de Meyranne.

Suppression des risques de rupture d'ouvrages secondaires

Le franchissement du Vigueirat doit être sécurisé pour éviter toute rupture : ce point est évoqué dans le projet de la protection des quartiers nord d'Arles.

En parallèle, il paraît logique de prévoir une sécurisation du franchissement du canal des Alpines par les eaux provenant des déversements sur ou sous le remblai RFF. Le plus simple nous paraît être un passage du canal en siphon sur quelques centaines de mètres pour laisser un passage aux eaux au niveau du terrain naturel.

Cela supprime une certaine capacité de stockage (illusoire en cas de rupture du canal), mais permet de soulager les quartiers sud de Tarascon (il y avait plus de 2m de dénivelée de part et d'autre du canal en décembre 2003).

Accroissement de la capacité de stockage dans les marais des Baux pour assurer la protection de Fourchon

Une digue de fermeture en amont de Fourchon permettrait d'accroître le volume stocké dans les marais des Baux avant tout risque de débordement sur la zone de Fourchon. L'ouvrage devra être accompagné bien évidemment d'un dispositif de surverse sécurisé et associé à l'accroissement des capacités de ressuyage des marais.

Tronçon Beaucaire - Arles	BA 4a
Gestion des volumes déversés en RG	
Protection rapprochée des quartiers nord d'Arles	
Maîtrise d'ouvrage : SYMADREM	
Digue de protection Création d'une digue de protection assurant la fermeture du futur prolongement de la rocade sur le remblai RFF, calée à 6.80 NGF.	
Coût : 2.2 M€ Digue proprement dite (hors ouvrages de ressuyage)	

Tronçon Beaucaire - Arles	BA 4b
Gestion des volumes déversés en RG	
Protection rapprochée des quartiers sud de Tarascon	
Maîtrise d'ouvrage : SYMADREM ?	
Levée basse de protection Longueur : 1,2 km Hauteur à ajuster en fonction des options prises sur la transparence du canal des Alpines	
Coût : 0,6 M€	

Tronçon Beaucaire - Arles	BA 4c
<p>Gestion des volumes déversés en RG</p> <p>Amélioration du ressuyage du casier du Trébon</p>	
<p>Maîtrise d'ouvrage : SYMADREM</p>	
<p>Ouvrage gravitaire de retour au Rhône A prévoir en exploitant les transparences à créer sous le remblai RFF, avec un vannage sous la contre-digue.</p> <p>Station de pompage des eaux vers le Rhône Capacité de pompage proposée à 10 m³/s dans le cadre des mesures d'accompagnement du projet de protection des quartiers nord.</p>	
<p>Coût : 5 M€ Intégré au projet de protection des quartiers nord d'Arles.</p>	

Tronçon Beaucaire - Arles	BA 4d
<p>Gestion des volumes déversés en RG</p> <p>Amélioration du ressuyage des marais d'Arles et des Baux</p>	
<p>Maîtrise d'ouvrage : SIVVB ou Arles ?</p> <p>SIVVB = Syndicat Intercommunal du Vigueirat et de la vallée des Baux</p>	
<p>Accroissement de la capacité dans la traversée de Fourchon Réalisation d'un canal depuis la RD 453 jusqu'en aval du siphon de Montcalde, vers les marais de Meyranne, en veillant à laisser le chemin à l'eau sur ce secteur déjà très contraint. Longueur : 2,4 km</p> <p>Remise en état de la station de pompage des marais des Baux</p> <p>Etude de faisabilité d'une évacuation accrue vers le canal d'Arles à Fos</p>	
<p>Coût : 6 M€ Ordre de grandeur en l'absence d'une définition détaillée.</p>	

Tronçon Beaucaire - Arles	BA 4e
<p>Gestion des volumes déversés en RG</p> <p>Sécurisation du canal des Alpines</p>	
<i>Maîtrise d'ouvrage : ASA du canal des Alpines ?</i>	
<p>Sécurisation de la digue du canal des Alpines Pour assurer une surverse sans rupture. Soit par renforcement au déversement, Soit plutôt par passage en siphon du canal sous le terrain naturel sur 100 à 200m.</p>	
<p>Coût : 0,2 M€ Pour l'option siphon</p>	

Tronçon Beaucaire - Arles	BA 4f
<p>Gestion des volumes déversés en RG</p> <p>Sécurisation des digues du Vigueirat</p>	
<i>Maîtrise d'ouvrage : SIVVB / SYMADREM ?</i>	
SIVVB = Syndicat Intercommunal du Vigueirat et de la vallée des Baux	
<p>Aménagement de sections au déversement sur les deux rives sur 2 km</p> <p>Sécurisation du reste de linéaire de digues entre St-Gabriel et le contournement d'Arles</p>	
<p>Coût : 11 M€</p>	

Tronçon Beaucaire - Arles	BA 4g
Gestion des volumes déversés en RG	
Digue en amont de Fourchon	
<i>Maîtrise d'ouvrage : Ville d'Arles ?</i>	
Création d'une digue de fermeture en amont de Fourchon Objectif : accroître la capacité de stockage des marais des Baux en cas de crue exceptionnelle. Prévoir une surverse de sécurité. Aménagement à envisager après amélioration des capacités de ressuyage.	
Coût : 3 M€	

3.2.3. COULOIR DE ST-GILLES

Le couloir de St-Gilles, occupé en partie par une zone industrielle, est inondé par les eaux provenant de la plaine de Bellegarde.

Deux options majeures se dégagent :

- La mise en place d'une levée le long de l'autoroute (accompagnée d'ouvrages de contrôle sur les canaux BRL et du Rhône à Sète) pour bloquer les eaux en amont, en mettant l'autoroute et le couloir de St-Gilles hors d'eau (du moins pour les débordements provenant du Rhône). Une variante a été évoquée d'une fermeture en amont de St-Gilles, mais en aval de l'autoroute : cela permettrait d'accroître la zone de stockage avec un ouvrage plus court, mais conduirait à maintenir la coupure de l'autoroute en crue majeure.
- L'acceptation de l'inondation, en considérant que la sécurisation prévue sur le Rhône entre Beaucaire et Arles et sur le Petit Rhône (voir plus loin) réduit suffisamment la fréquence et les volumes d'inondation.

Il faut noter que pour une crue de 14000 m³/s, les volumes attendus dans la plaine (de l'ordre de 75 à 90 Mm³) représentent une hauteur d'eau moyenne de 1,6 m, soit l'ordre de grandeur de ce qui a été observé en décembre 2003, alors qu'il s'agira d'une crue beaucoup plus rare : combinée avec une amélioration du ressuyage, l'option d'une rétention des eaux en amont de l'autoroute mérite donc d'être examinée, d'autant qu'elle réduira considérablement les volumes qui partiront vers la Camargue Gardoise.

Une protection rapprochée des quartiers bas de St-Gilles pourra être envisagée, mais devra tenir compte des apports potentiels du canal du Rhône à Sète alimenté par les crues du Vistre et du Vidourle, et des apports pluviaux locaux.

Tronçon Beaucaire - Arles	BA 5
Levée en amont de St-Gilles	
Maîtrise d'ouvrage : SIAARCN ? SIAARCN = Syndicat intercommunal d'assainissement agricole de la région du canal de navigation	
Levée en amont de St-Gilles (le long de l'autoroute ou à l'aval) Levée de 2 à 3m de hauteur environ, renforcée au déversement, le long de l'autoroute permettant de limiter fortement les entrées d'eau vers le couloir de St-Gilles (environ 3 km de longueur) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nécessité de limiter les passages d'eau par le canal BRL et le canal du Rhône à Sète (ouvrages mobiles). ➤ Stockage des eaux dans la plaine de Fourques / Bellegarde, où le ressuyage paraît plus facile ➤ Accroissement des temps de ressuyage en amont de l'autoroute par rapport à l'option sans levée 	
Coût : 6 M€ (éléments de chiffrage du paragraphe 1.5)	

3.3. PETIT RHONE

Le Petit Rhône évacue 11 à 13% du débit de crue quelle que soit la crue considérée.

Par hypothèse, le débit à écoulé ne dépassera 12500 m³/s à la diffluence, soit de l'ordre de 1560 m³/s sur le Petit Rhône.

3.3.1. REFLEXIONS SUR LE DECORSETAGE

La notion de décorsetage du Petit Rhône a fait son chemin depuis la crue de 2003. Toutefois, il apparaît que ce terme a été compris par les différents acteurs dans des sens très différents : pour certains, il s'agissait de reculer les digues de protection d'une distance appréciable pour accroître la capacité d'écoulement entre digue ; pour d'autres, il s'agissait plutôt de créer un second dispositif derrière les digues actuelles plus ou moins conservées pour guider les eaux après débordement. Il s'agit de deux options contrastées qui méritent d'être analysées.

Pour clarifier le débat, nous réserverons le terme de « décorsetage » à un véritable recul des digues. L'autre option relève de la gestion des eaux débordantes, et sera abordée plus loin.

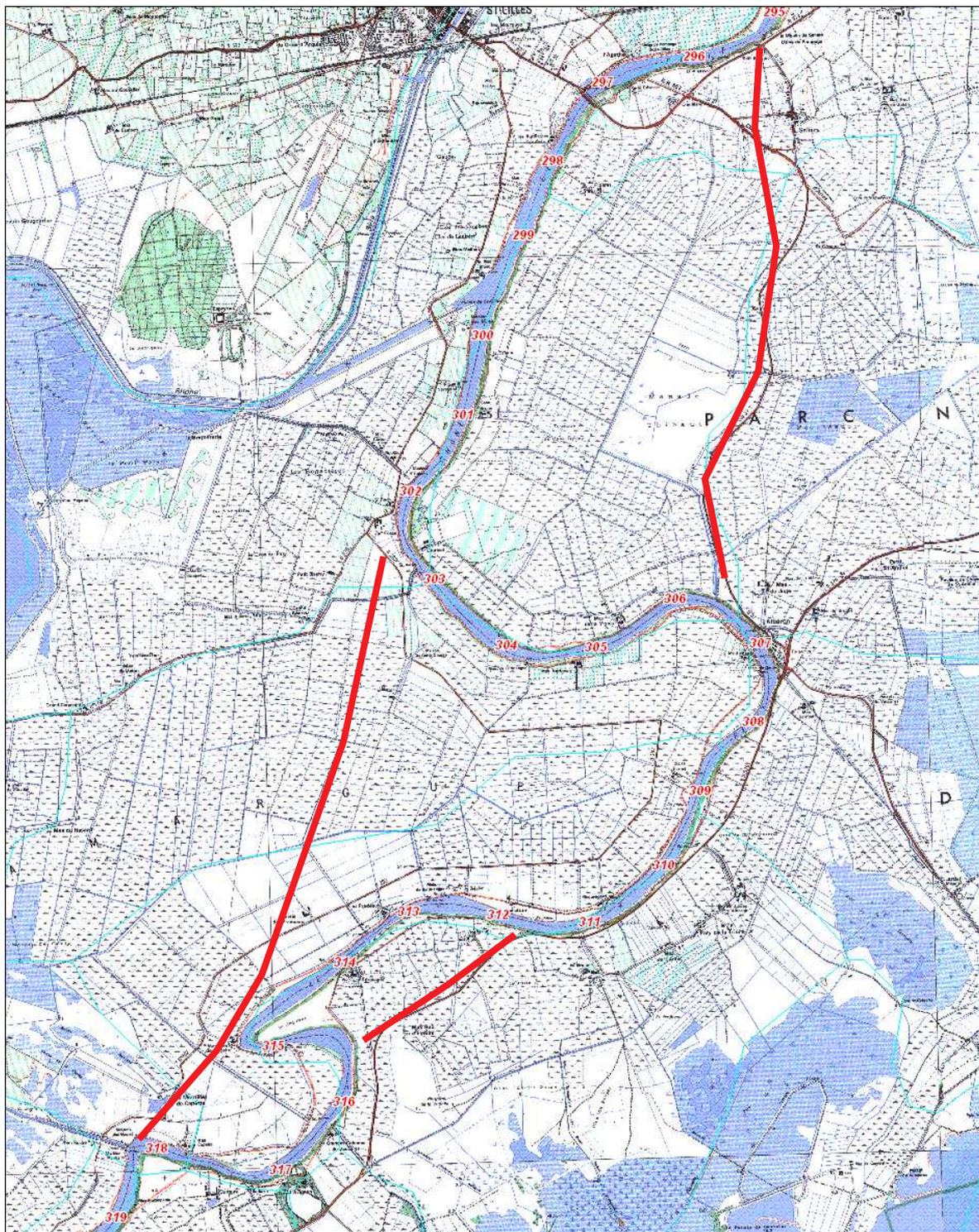
Le véritable décorsetage consiste à reculer les digues et non à les doubler.

Ce scénario, préconisé par l'EGR, a été repris côté Gardois après la crue de décembre 2003. On pourrait logiquement l'étendre à la rive gauche du Petit Rhône (cf. croquis ci-dessous).

Le décorsetage complet (c'est-à-dire l'ouverture complète des méandres par arasement des digues) permet des gains très importants sur les hauteurs d'eau (jusqu'à 1,3 m à l'Ecluse de St-Gilles avec un décorsetage uniquement en rive droite). En revanche, le gain s'estompe progressivement vers l'amont dans la zone non traitée. L'abaissement des niveaux conduit toutefois à un accroissement de plus de 10% du débit dans le Petit Rhône (+160 m³/s en Q100), qui aggrave la situation à l'aval. A noter aussi un problème d'accroissement des vitesses dans la partie terminale de la section non traitée.

Toutefois, ces scénarios conduisent à « sacrifier » les mas situés le long du Rhône : or ces mas, situés sur des bourrelets, n'ont guère été inondés en 1994 (rive gauche) ou en 2003 (rive droite).

DIREN RHONE-ALPES
ASSISTANCE TECHNIQUE POUR L'ELABORATION DU PLAN RHONE
PRE-SCHEMA SUD – NOTE D'AVANCEMENT



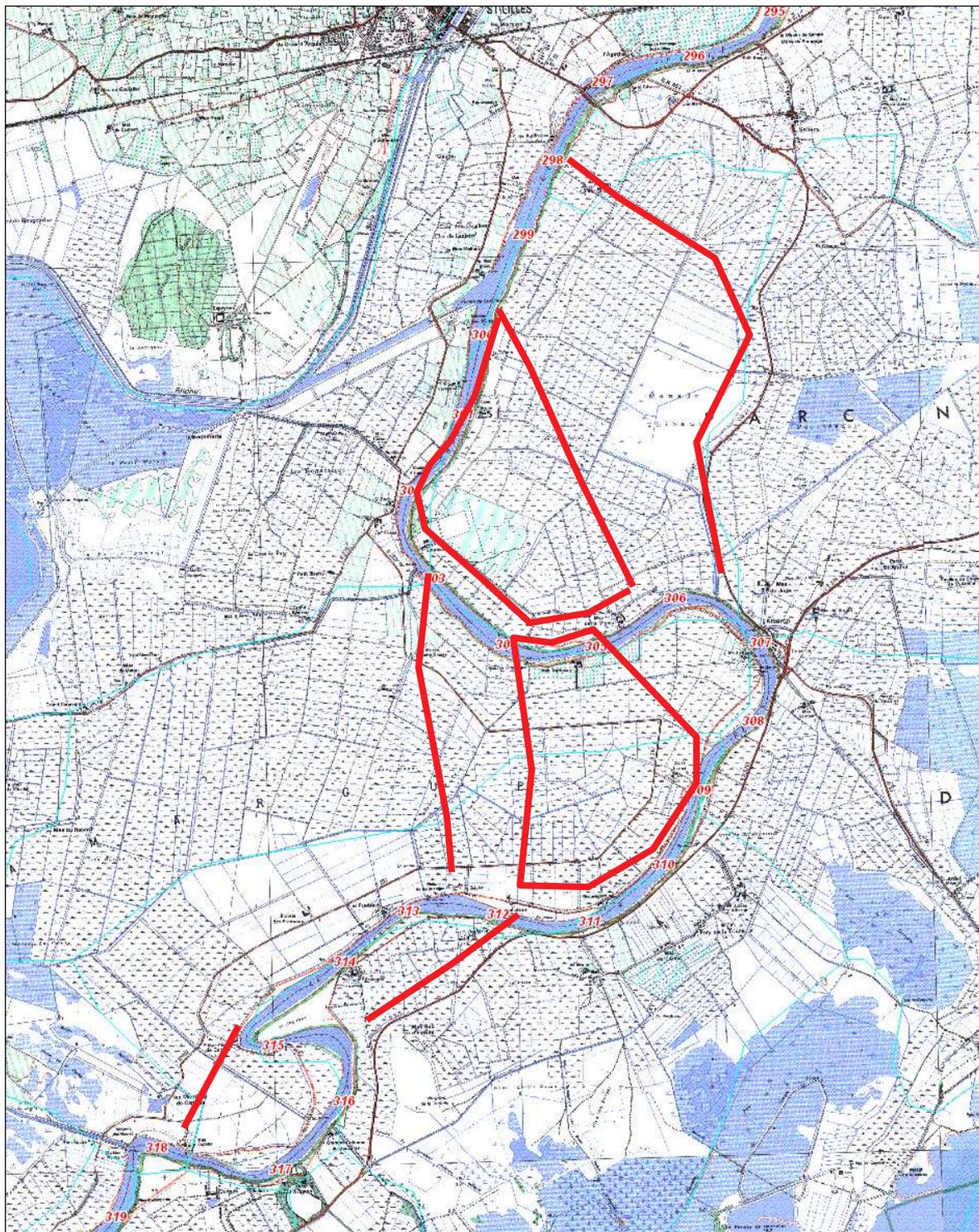
Il semble que pour les acteurs locaux, le décorsetage a été compris comme la création d'une nouvelle digue au large sans remise en cause majeure de la digue existante.

Le gain hydraulique devient alors très faible.

Une solution intermédiaire consisterait à ménager des sections renforcées dans la digue existante dès la crue décennale, par exemple. Mais pour que cette option fonctionne, il faudrait ouvrir les digues côtés aval pour éviter que les méandres deviennent des casiers

d'accumulation. Mais ces zones seraient alors inondées par l'aval très fréquemment : les terrains concernés sont en effet situés à des cotes très basses, qui seraient atteintes pour des crues fréquentes du Rhône.

Une autre option, hydrauliquement efficace, serait de créer de larges chenaux de crue entourés de digues : on devrait alors assurer la gestion de quatre axes d'endiguement.



Esquisse d'une option « chenaux de crue »

Effets d'un décorsetage majeur sur les besoins de renforcement des digues

Le seul décorsetage en rive droite permet d'abaisser les lignes d'eau de 1,3 m à l'écluse de St-Gilles en crue centennale. Le gain s'amenuise en amont, mais se fait sentir jusqu'à la diffluence (-5 cm).

Avec un décorsetage également en rive gauche, le gain maximum sera atteint au PK 296 (amont du pont de la RN572) : il devrait dépasser 1,5 m.

Avec cet abaissement des lignes d'eau, la crue centennale peut passer sans débordement avec les digues actuelles à l'amont de l'écluse de St-Gilles, ainsi que dans toute la zone du décorsetage. Il semble que même une crue de 12500 m³/s pourrait passer sans presque nécessiter de rehaussement de digue (à vérifier sur modèle).

Toutefois, la ligne d'eau demeurera entre 4 et 5 m au-dessus du niveau de la plaine : si les risques de rupture par surverse sont fortement réduits, les risques de rupture par érosion interne demeureront, à peine réduits.

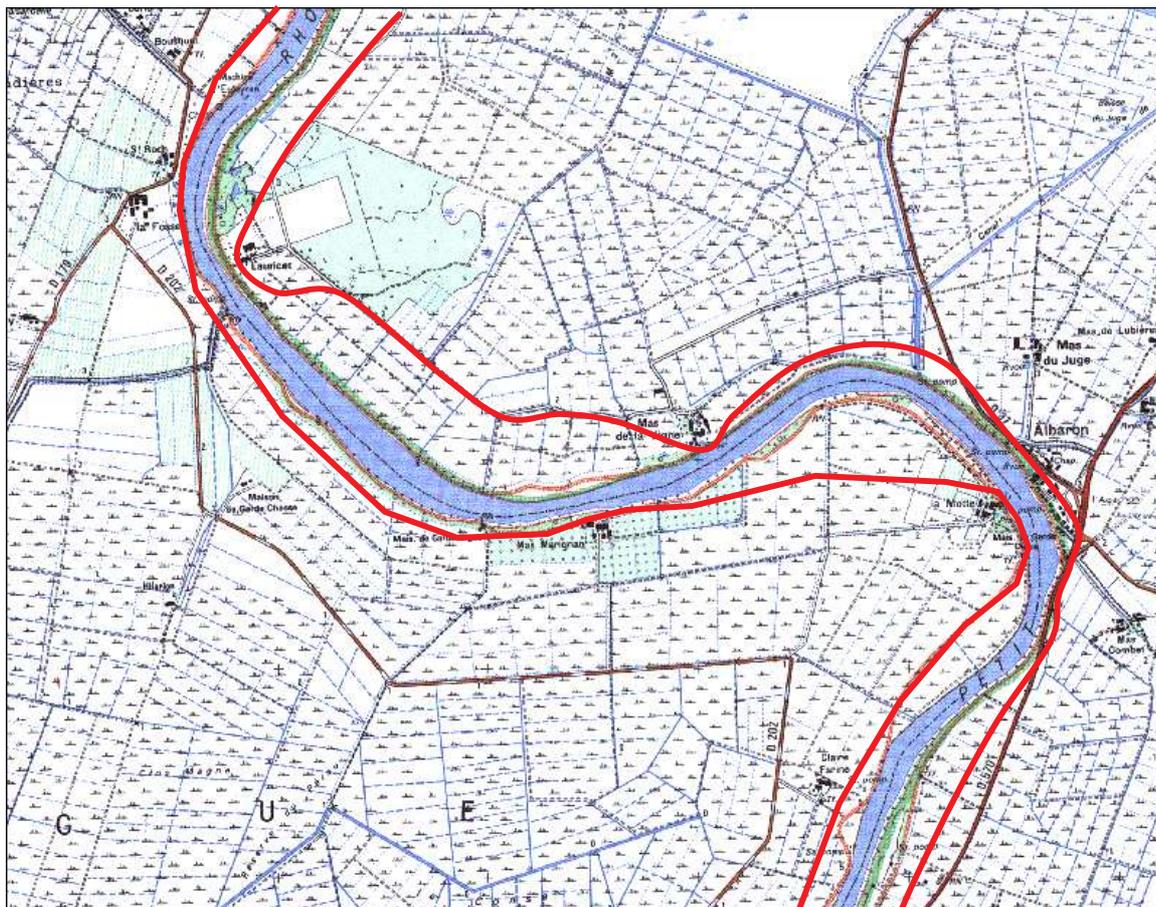
Il n'est donc pas certain que le décorsetage (avec ses conséquences pour les mas concernés, et avec le linéaire de digues à déplacer) permette un gain significatif sur les besoins de renforcement en amont.

Par ailleurs, l'accroissement des débits dans le Petit Rhône et la suppression des débordements conduisent à un exhaussement des lignes d'eau à l'aval (à partir du pont de Sylveréal), qui nécessiterait une rehausse des digues rive gauche et impliquerait un accroissement des débordements en rive droite vers le bac du Sauvage. Cet aspect pourra toutefois être corrigé en ménageant des points de débordement dans les digues à une cote inférieure au niveau de la digue actuelle.

Adaptation de détail du tracé des digues

Les digues sont souvent situées très près du fleuve, avec des problèmes d'affouillement. Il pourra donc être intéressant d'étudier sur certains tronçons un recul limité : le choix devra être fait sur la base d'études détaillées, en fonction des contraintes économiques et foncières.

Un recul même limité des digues permettra toujours une légère amélioration hydraulique, et sans doute une amélioration de la qualité environnementale des rives du Petit Rhône.



Esquisse d'un recul limité des digues

Conclusion

Un décorsetage majeur ne se justifie donc pas sur un simple plan hydraulique : il s'agirait d'un choix d'aménagement du territoire, avec la volonté de créer un espace naturel très large de part et d'autre du Petit Rhône, qui aurait secondairement des effets hydrauliques bénéfiques.

En revanche, un décorsetage limité semble être une option prometteuse.

La suite de la réflexion sera conduite dans l'hypothèse d'un décorsetage limité.

3.3.2. REFLEXIONS SUR LE CURAGE DU PETIT RHONE

Le Petit Rhône a fait l'objet de dragages en amont de l'écluse de St-Gilles pour les besoins de la navigation.

En revanche, il n'a pas été dragué entre l'écluse et la mer, et laisse apparaître des zones de dépôts, notamment au droit des sections les plus larges où les vitesses d'écoulement sont les plus faibles.

Un tel curage a été simulé dans l'Etude Globale : il montre qu'un dragage de 5,8 Mm³ permettrait d'abaisser les niveaux de crue de 70 cm au niveau du PK 298 (amont de l'écluse de St-Gilles).

On notera toutefois qu'un tel curage ne sera pas pérenne : les apports de sédiments fins sont estimés autour de 10 Mt/an, dont environ 1 Mt/an transitent par le Petit Rhône.

Les quelques 10 Mt qui auront été dragués pourront donc être reconstitués par le fleuve en quelques décennies : vis-à-vis d'un objectif de protection vis-à-vis de crues rares (période de retour 50 à 100 ans), on peut s'interroger sur la pertinence d'un confortement des digues tenant compte d'un aménagement dont la durée de vie n'atteint pas la période de retour des crues de projet. Et peut-on s'engager à renouveler une telle opération tous les 25 ans ?

Par ailleurs, ce piégeage des sédiments posera le problème de la réduction des apports à la mer (les sables étant les premiers piégés) dans un contexte de déficit sur le littoral.

Le coût d'un tel curage est estimé entre 70 et 110 M€.

3.3.3. LOCALISATION DES POINTS DE DEBORDEMENT PREFERENTIELS

Il ne paraît pas possible d'empêcher tout débordement au-delà de la crue cinquantennale, du moins à l'aval de l'A54.

Un consensus semble s'être esquissé auprès des différents acteurs rencontrés sur la localisation des points de débordement :

- A l'aval de l'écluse de St-Gilles en rive droite
- A l'aval de l'A54 et aval de la RN572 en rive gauche, où des cheminements vers les marais de Saliers et de Rousty peuvent être prévus.

Par ailleurs, une répartition équitable entre les deux rives tant en terme de fréquence de débordement qu'en terme de volumes déversés paraît nécessaire, d'autant que les enjeux ne se différencient pas clairement entre les deux rives.

Pour respecter à la fois une égalité en termes de fréquence et de volume, alors que les points de débordements ne seront pas nécessairement en vis-à-vis, on devra jouer sur la longueur des points de débordement contrôlés et éventuellement sur une disposition en escalier des sections déversantes.

Les longueurs de déversement devraient avoisiner 2000 m au total.

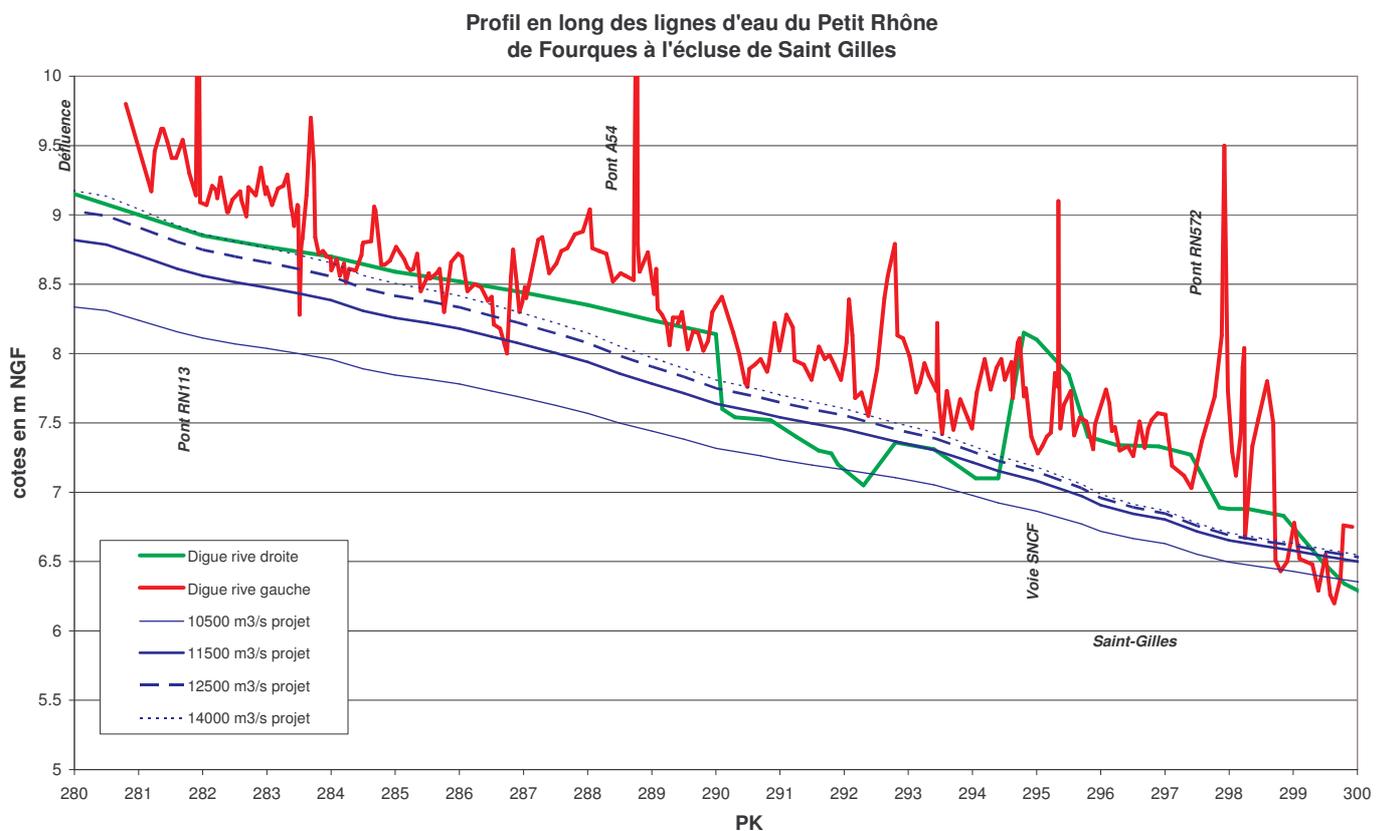
Les débordements atteindront de l'ordre de 60 m³/s et 5 Mm³ sur chaque rive pour une crue de 11500 m³/s à Beaucaire, et de l'ordre de 100 m³/s et 15 Mm³ sur chaque rive pour une crue de 14000 m³/s (non compris les volumes provenant d'amont pour la rive droite).

3.3.4. CALAGE DES DIGUES ET POSITIONNEMENT DES SECTIONS RENFORCEES EN L'ABSENCE DE DECORSETAGE

La capacité nominale globale (calculé en régime permanent sans débordements) décroît de 1500 m³/s (12000 m³/s à la diffluence) à l'amont de l'A54 à 1100 m³/s (9500 m³/s) à l'aval de St-Gilles.

Amont de l'A54

A l'amont de l'A54, les digues sont constituées d'ouvrages refaits en urgence après 2003 en rive droite et d'ouvrages réputés fragiles en rive gauche.



En conduisant des calculs en régime transitoire, en prenant en compte les déversements contrôlés entre Beaucaire et Arles et les déversoirs prévus à l'aval de l'A54, il apparaît que les digues jusqu'à St-Gilles peuvent globalement contenir toutes les crues sans déversements, en tenant compte du projet de rehaussement de la digue rive droite en amont de St-Gilles (section basse apparaissant sur le graphique entre les PK 290 et 296). La digue rive gauche présente toutefois des points bas, et la nouvelle digue rive droite semble être un peu basse en amont, au droit de Fourques.

Le renforcement des digues devra donc s'accompagner d'un lissage de la crête, avec une revanche de 30 cm au-dessus de la ligne d'eau à 14000 m³/s.

Aval de l'A54

En rive droite, le premier point de débordement acceptable semble être à l'aval de l'écluse de St-Gilles (PK 300 ou 303).

En rive gauche, les points de débordement pourraient être envisagés à l'aval de l'A54 (PK 289) et au droit de Figarès (PK 299). Ce second site permettrait d'avoir une disposition symétrique entre les deux rives.

Pour le reste du linéaire de digues, deux options sont possibles :

- ✓ le réglage des digues avec une revanche de 50 cm sur la ligne d'eau à 12500 m³/s en tenant compte des débordements, pour prévenir tout risque de brèche : rehausse moyenne de 0.5 m en rive gauche, de 1.1 m en rive droite entre l'A54 et la voie ferrée, et à l'aval de la RN572, et de 0.5m ailleurs.
- ✓ Ou bien une conservation globale des niveaux de digue actuels (avec quelques points bas à remonter d'environ 50 cm) de façon à être à 50 cm au-dessus des points de débordement contrôlés, et une protection légère vis-à-vis des risques résiduels de déversement.

Le choix entre ces deux options dépendra notamment des possibilités de recul des digues par rapport au fleuve (« décorsetage limité »). Quand les digues seront reconstruites en arrière, elles seront directement calées avec les revanches suffisantes.

Les tronçons maintenus à leur emplacement actuel seront plutôt renforcés au déversement.

A noter enfin la nécessité de conserver les débordements en rive droite à l'aval de Sylveréal, qui contribuent à la sécurité des Saintes-Maries, et qui permettent d'atténuer l'effet des variations du niveau en mer. Un renforcement au déversement sera prévu pour éviter toute rupture.

3.3.5. SECURISATION DES DIGUES

Indépendamment de ces considérations sur leur calage, les digues du Petit Rhône restent fragiles en dehors des sections récemment renforcées.

Le Symadrem a établi une esquisse de hiérarchisation des besoins de renforcement (cf. tableau ci-dessous), pour un linéaire total à traiter de 95 km.

Petit Rhône	PR 1
Renforcement des digues	
Maîtrise d'ouvrage : SYMADREM	
Aménagement de trois déversoirs	
<ul style="list-style-type: none">➤ A l'aval de l'écluse de St-Gilles en rive droite➤ A l'aval de l'A54 et aval de la RN572 en rive gauche, où des cheminements vers les marais de Saliers et de Rousty peuvent être prévus.	
Programme de sécurisation des digues, soit par renforcement sur place, soit par éloignement du fleuve, avec lissage des points bas, et renforcement au déversement des sections submersibles pour une crue de 14000 m³/s	
Esquisse de hiérarchisation :	
1 ^{ère} priorité	
<ul style="list-style-type: none">➤ Rive droite, de l'écluse de St-Gilles à Sylveréal (22 km) entre les PK 299.6 et 322➤ Rive gauche, de Caseneuve (Trinquetaille) à la station de pompage d'Albaron (24 km) entre les PK 282.5 et 306.5➤ Rive gauche, du sud d'Albaron à Sénébier (13 km) entre les PK 307.5 et 320.7	
2 ^{ème} priorité	
<ul style="list-style-type: none">➤ Rive droite, renforcement de la digue (écran étanche, réduction de la perméabilité) entre Fourques et Grand Cabane (11 km), du PK 279.5 au PK 290.7➤ Rive droite, de Sylveréal au Grand Sauvage (9 km), du PK 322 au PK 328.7➤ Rive gauche, de Sénébier à l'embouchure (16 km), du PK 320.7 au PK 336.5	
Coût : 112.6 M€	
estimation très sommaire en attente d'un diagnostic détaillé des digues	
On peut inscrire au plan Rhône :	
<ul style="list-style-type: none">➤ 6,6 M€ pour la rehausse programmée à l'amont de St-Gilles➤ 6 M€ pour les déversoirs➤ 4 tranches de travaux de confortement des digues de 10 + 30 + 30 + 30 M€, soit une enveloppe de 100 M€, qui devrait permettre le traitement de 50 à 90 km de linéaire selon le type d'intervention nécessaire.	

3.3.6. GESTION DES EAUX DEBORDEES EN RIVE DROITE

Le Syndicat de la Camargue Gardoise conduit actuellement une étude sur l'amélioration du ressuyage de ce secteur.

La problématique sera sensiblement différente selon que l'on prévoira ou non une levée le long de l'autoroute bloquant les eaux en amont.

Avec la levée, la Camargue Gardoise ne sera concernée que par les débordements du Petit Rhône (de 10 à 20 Mm³ pour des crues supérieures à 12500 m³/s, à comparer aux quelque 200 Mm³ de la crue de 2003).

Sans la levée, elle recevra une partie importante des 75 à 90 Mm³ qui déborderont entre Beaucaire et Arles en crue millénale.

Deux options majeures se dégagent :

- Aucun dispositif de guidage n'est prévu : les eaux s'étalent dans toute la plaine. L'effort porte sur les capacités de pompage et surtout sur l'ouverture de chemins à la mer.
- Une digue de second rang est mise en place pour guider les eaux débordées et éviter qu'elles n'envahissent toute la plaine. Une étude fine devra toutefois être conduite pour voir le comportement du système en cas de crue du Vidourle, du Vistre ou des Costières.

L'amélioration du ressuyage des crues comprendra :

- L'amélioration de la capacité du réseau de drainage
- L'augmentation des capacités de pompage
- L'amélioration de l'évacuation gravitaire vers la mer, avec aménagement d'un passage sous la RD 58 (route du pont de Sylveréal) et ouverture de chemins à la mer soit par le secteur de Boisinvert, soit par la réouverture d'anciens bras du Rhône (canal St-Jean), soit en traversant la zone d'exploitation des salines.

Les conclusions de l'étude conduite par le Syndicat de la Camargue Gardoise devraient être disponibles à l'automne 2006.

Petit Rhône	<i>PR 2</i>
Gestion des eaux débordées en rive droite	
Amélioration du ressuyage	
<i>Maîtrise d'ouvrage : Syndicat de la Camargue Gardoise</i>	
Amélioration du ressuyage <ul style="list-style-type: none">➤ Amélioration de la capacité du réseau de drainage➤ Augmentation des capacités de pompage➤ Amélioration de l'évacuation gravitaire vers la mer Définition détaillée en attente des conclusions de l'étude en cours.	
Coût : 7 M€ Somme provisionnée en l'attente des conclusions de l'étude en cours	

Petit Rhône

PR 3

Gestion des eaux débordées en rive droite

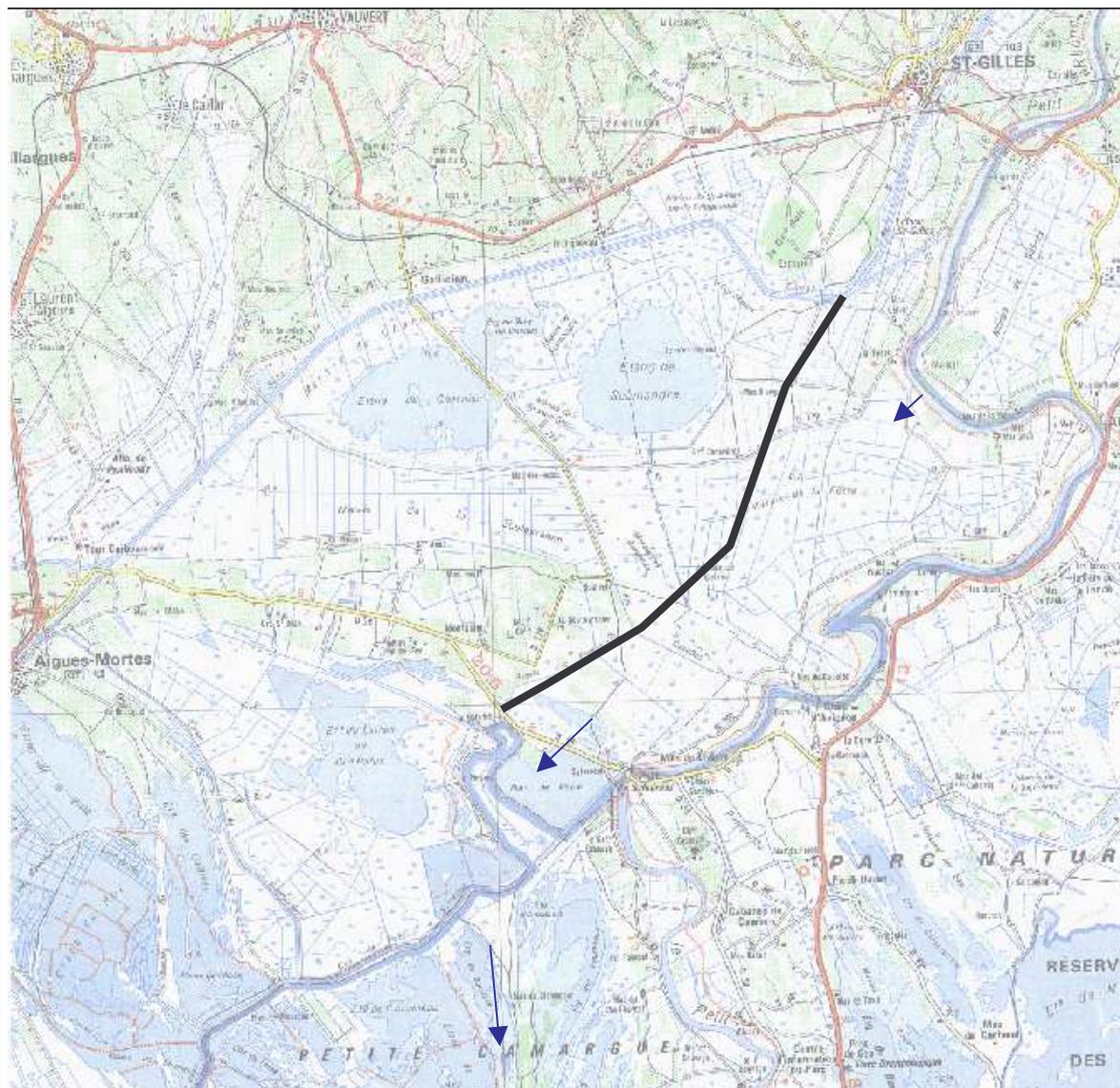
Levée de guidage des eaux

Maîtrise d'ouvrage : Syndicat de la Camargue Gardoise

Aménagement d'une digue basse (2 m ?) pour limiter l'inondation vers l'ouest

- En liaison avec chemin à la mer via le RD58 et Brasinvert
- Voir comportement des crues du Vidourle
- Respect des casiers de ressuyage existants

12 km



Esquisse de digue de second rang (sans adaptation aux casiers de ressuyage existants).

Coût : 6 M€

3.3.7. GESTION DES EAUX DEBORDEES EN RIVE GAUCHE

La prise en charge des eaux de débordement passera par l'amélioration des dispositifs de vidange des marais de Saliers (amélioration des communications avec les marais de Rousty) et des marais de Rousty (accroissement du gabarit du canal de Rousty).

L'évacuation vers la mer ne se fait aujourd'hui que par le Grau de la Fourcade, près des Saintes-Maries.

Les perspectives d'un désengagement des Salins du Midi pourraient être l'occasion d'ouvrir, dans le secteur de Beauduc, une nouvelle voie d'évacuation des eaux vers le Grau de la Dent.

Petit Rhône	PR 4
Gestion des eaux débordées en rive gauche	
Parc de Camargue	
Amélioration du ressuyage Volumes débordés réduits : de 10 à 20 Mm3 Amélioration du ressuyage : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Amélioration des échanges du marais de Salliers vers celui de Rousty ➤ Elargissement du canal de Rousty ➤ Chemin à la mer vers Beauduc ? ➤ Accroissement de la capacité de pompage 	
Coût : 7 M€ Provision en l'attente d'une définition détaillée.	

3.4. GESTION DES DIGUES SUR LE GRAND RHONE

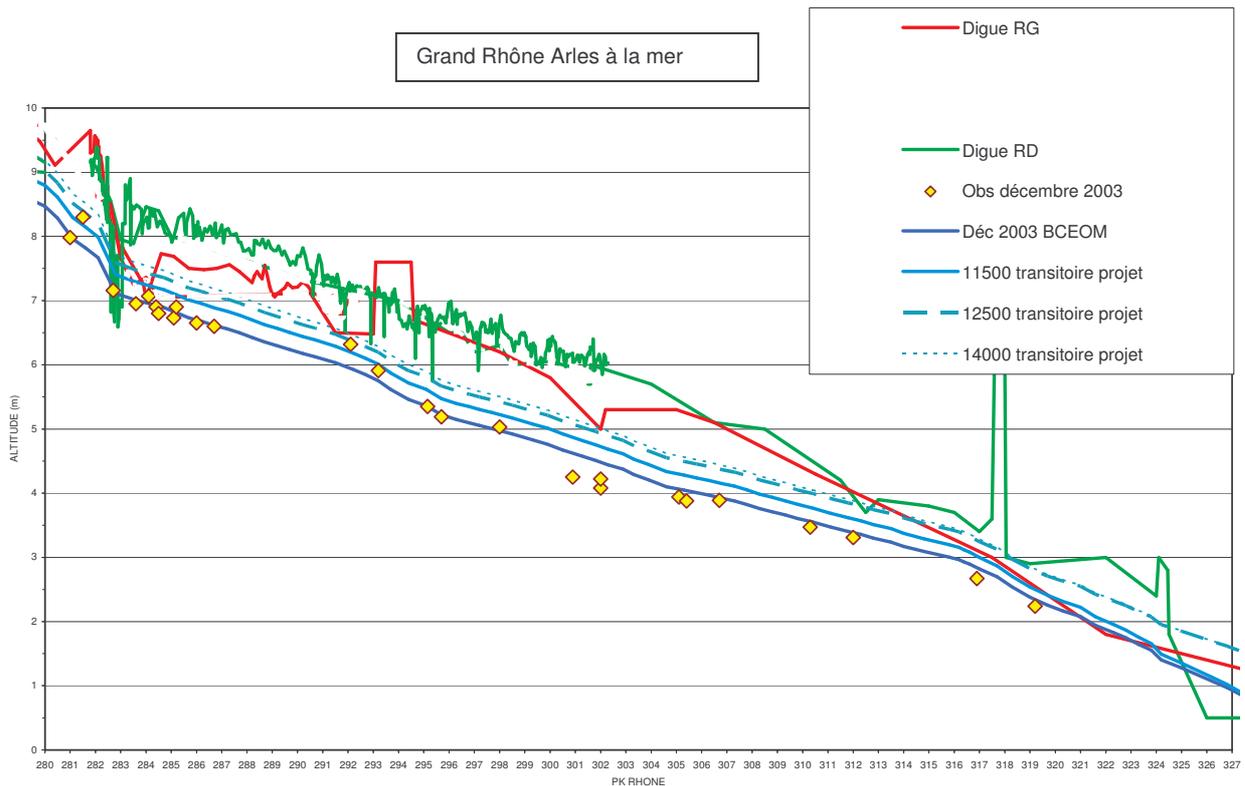
3.4.1. QUAI D'ARLES

Les quais d'Arles doivent être confortés en urgence : **on peut considérer qu'il s'agit là d'un préalable à tout accroissement de la capacité en amont.**

Une étude de définition des aménagements nécessaires a été réalisée par le Symadrem (étude ISL 2005).

Grand Rhône	GR 1
Renforcement des quais d'Arles	
<i>Maîtrise d'ouvrage : SYMADREM</i>	
Préalable à tout accroissement de capacité en amont Suppression des points bas. Renforcement de la structure des quais.	
Coût : 20 M€ programmés en 7 tranches annuelles.	

3.4.2. CALAGE DES DIGUES



La crue de décembre 2003 a montré que le calage des digues permettait de transiter jusqu'à 11500 m³/s (sous réserve d'un renforcement des digues).

Avec les déversements prévus en amont d'Arles au-delà de 11500 m³/s, les lignes d'eau semblent rester au-dessous des crêtes de digue jusqu'au PK 312 (secteur de la Louisiane, en amont du départ du canal du Rhône à Fos). Des points bas apparaissent à l'aval. Mais les cotes de digue devront être précisément vérifiées.

Il semble donc possible de prévoir un réglage des digues pour les mettre hors d'eau lors de leur renforcement.

Une option aurait consisté à ménager des points de débordement contrôlés à 11500 m³/s pour accroître la sécurité du reste des ouvrages. Ces points de débordement pourraient être aménagés en rive droite face à Mas Thibert (PK 301) en direction du Vaccarès, et en amont immédiat des Salins de Giraud, en réactivant l'ancien Bras de Fer. Toutefois, les volumes de débordement seraient alors importants (de l'ordre de 100 Mm³ pour une crue supérieure à 12500 m³/s), et le gain vis-à-vis de la charge hydraulique subie par les digues très modeste (de l'ordre de 10 à 20 cm).

3.4.3. RENFORCEMENT DES DIGUES

Les digues du Grand Rhône, excepté quelques tronçons récemment renforcés, restent toutefois fragiles même si les risques de surverse sont limités : la digue est menacée en plusieurs points par une érosion en pied, et de nombreux départs de brèches par érosion interne n'ont été que difficilement contenus en décembre 2003 grâce à la vigilance du Symadrem.

Un programme global de confortement des digues devra donc être engagé : un diagnostic détaillé devrait être conduit au préalable pour mieux préciser les besoins de confortement.

Le Symadrem a esquissé, à partir de sa connaissance du secteur, une hiérarchisation des interventions (voir ci-dessous).

Au total, les besoins de renforcement concernent près de 36 km en rive droite, pour un linéaire de 42 km, et plus de 28 km en rive gauche, soit un total de 64 km de digues à renforcer en tout ou partie.

Comme sur le Petit Rhône, la sécurisation des digues pourra passer sur beaucoup de tronçon par un petit « décorsetage », avec éloignement des digues du Fleuve de quelques dizaines à quelques centaines de mètres.

Grand Rhône	GR 2
Renforcement des digues	
<i>Maîtrise d'ouvrage : SYMADREM</i>	
<p>Programme de sécurisation des digues, soit par renforcement sur place, soit par éloignement du fleuve, avec lissage des points bas.</p> <p>Esquisse de hiérarchisation :</p> <p>1^{ère} priorité (outre les quais d'Arles, cf. ci-dessus) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Rive droite, secteur des Papéteries (installation industrielle proche de la digue) entre les PK 283.4 et 284.2 ➤ Rive droite, du domaine de l'Amérique à l'Eskineau (contrôle des Salins de Giraud) entre les PK 314.0 et 319.5, par éloignement de la digue <p>2^{ème} priorité</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Rive droite, de la station de Petite Monlong au domaine de l'Amérique, par éloignement de la digue sur plusieurs tronçons, entre les PK 288.7 et 314.0 ➤ Rive gauche, de Prends Té Garde à Grand Mollégès (PK 286.5 à 293.0) <p>3^{ème} priorité</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Rive droite, de l'Eskineau à la Palissade, entre les PK 319.5 et 323.5 ➤ Rive gauche, de Grand Galignan au canal, entre les PK 294.6 et 316.5 	
<p>Coût : 60 M€</p> <p>estimation très sommaire en attente d'un diagnostic détaillé des digues</p> <p>On peut inscrire au plan Rhône 4 tranches de travaux de 10 + 15 + 15 + 20 M€, soit une enveloppe de 60 M€, qui devrait permettre le traitement de 40 à 60 km de linéaire selon le type d'intervention nécessaire.</p>	

3.5. PROPOSITION DE PROGRAMMATION

Les actions prévues à l'aval de Beaucaire atteignent un montant de l'ordre de 300 M€.

Une programmation en 4 tranches est proposée dans le tableau ci-dessous.

Elle est établie sur la base des réflexions suivantes :

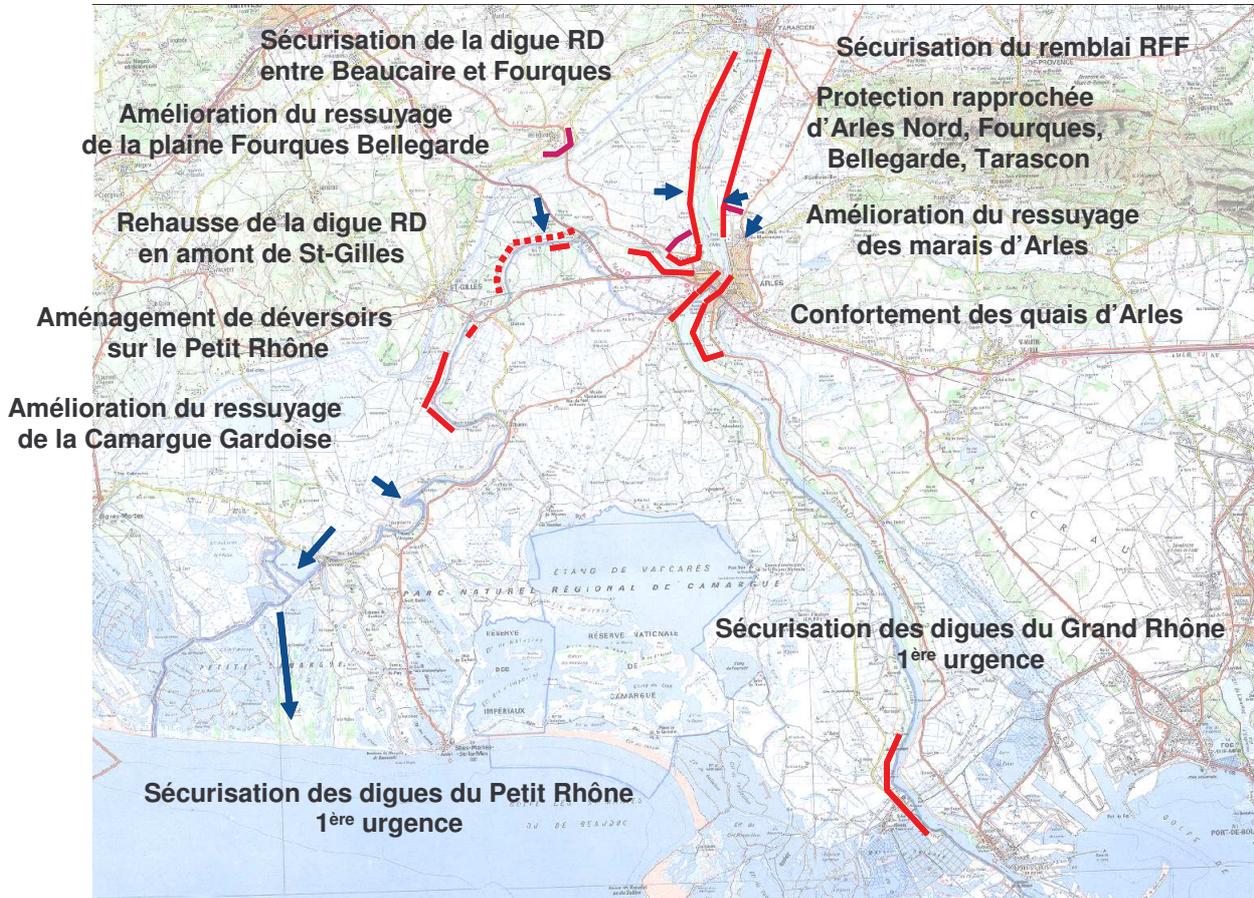
- La sécurisation contre les risques de brèches doit commencer par l'amont. Certes, la suppression des risques de brèche à l'amont aggravera temporairement les risques à l'aval. Mais les brèches sont d'autant plus dommageables qu'elles se produisent en amont, inondant des zones beaucoup plus importantes. Et la sécurisation de l'aval serait vaine si des risques graves

demeurent en amont. La priorité est donc la sécurisation des digues entre Beaucaire et Arles.

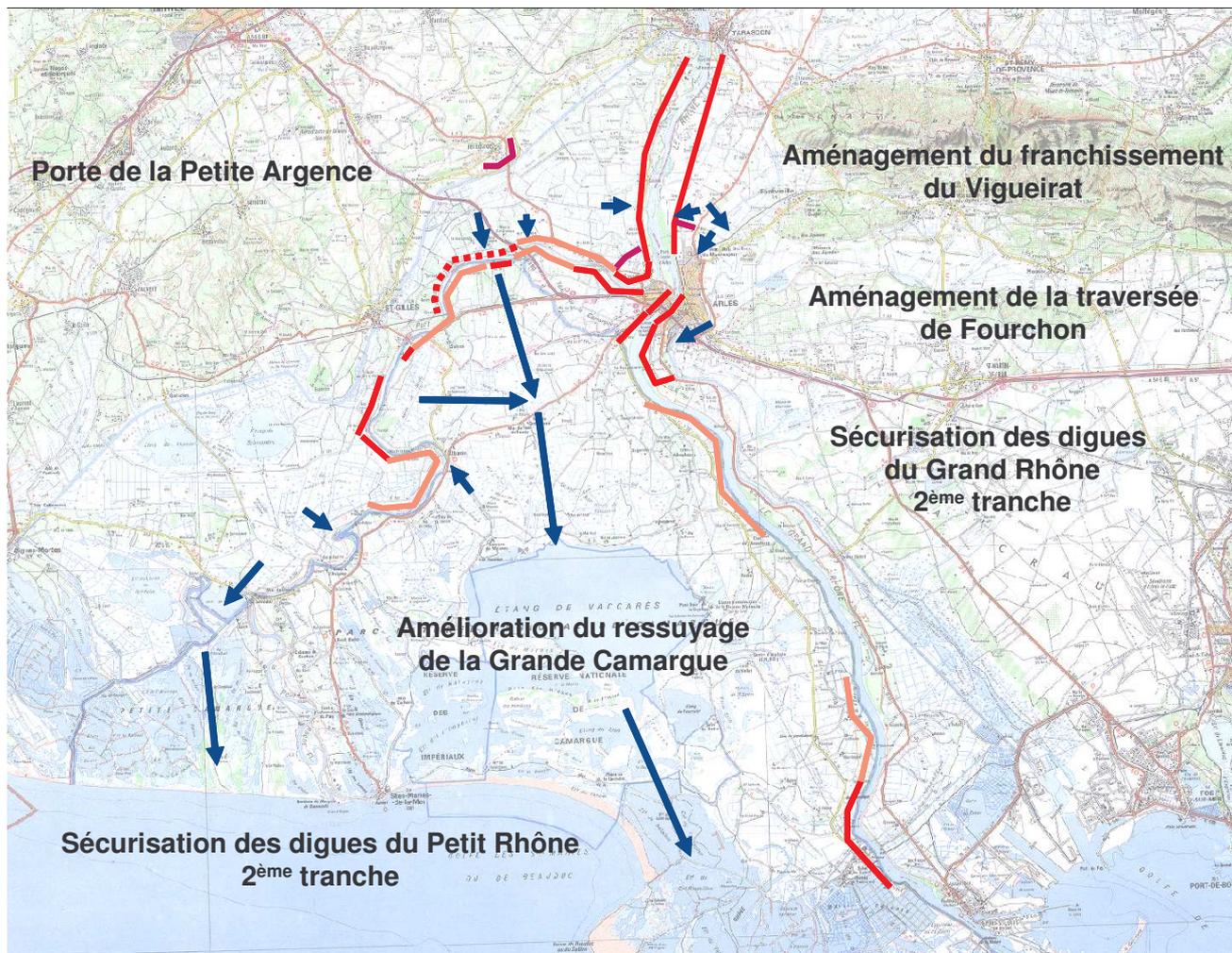
- Toutefois, il convient de commencer à traiter dès les premières tranches les secteurs les plus sensibles sur l'ensemble du linéaire (quais d'Arles, section basse de la digue rive droite du Petit Rhône en amont de St-Gilles, protection des Salins de Giraud, etc.)
- En parallèle, les digues de second rang (quartier nord d'Arles, Bellegarde, Tarascon, Fourques, ...) seront réalisées rapidement de façon à apporter une première protection en attendant la fiabilisation de l'ensemble du système d'endiguement.
- L'amélioration du ressuyage des crues est une priorité pour tous les acteurs, de façon à disposer au plus tôt d'outils efficaces pour parer à une éventuelle crue débordante.
- Les confortements des digues du Grand Rhône et du Petit Rhône, qui constituent une part importante du programme, seront étalés sur les quatre tranches.

Le délai de réalisation de ce programme dépendra principalement de la nécessaire concertation sur la définition détaillée des actions, de la capacité de financement des maîtres d'ouvrage pressentis (à titre indicatif, les travaux sous maîtrise d'ouvrage du Symadrem dans le cadre du présent programme sont estimés à plus de 230 M€), de la capacité de portage technique de ces travaux, et des délais irréductibles des phases d'études préalables (diagnostic détaillé des digues, ...), de conception et de procédures d'autorisation.

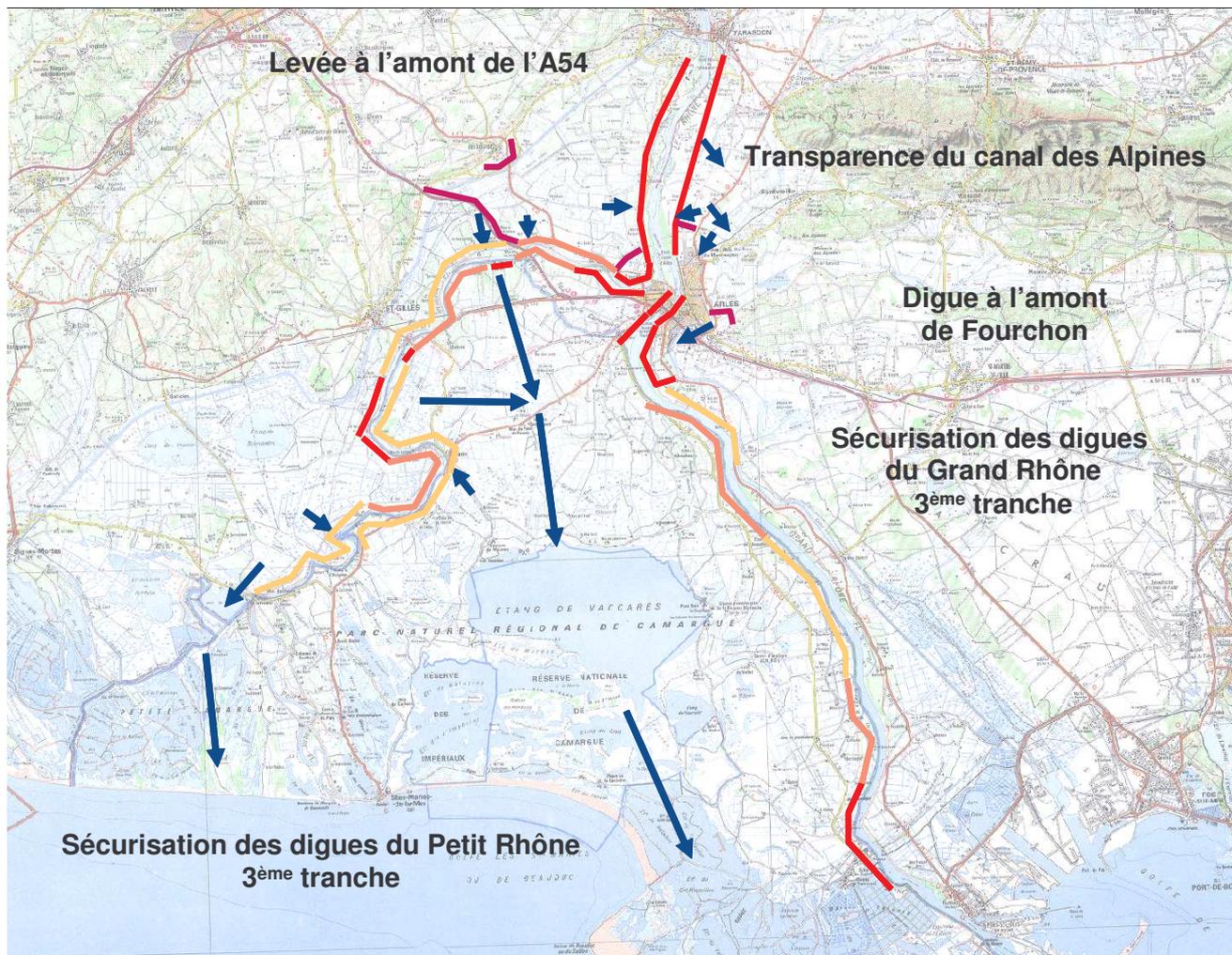
Programme d'aménagement à l'aval de Beaucaire 1^{ère} tranche



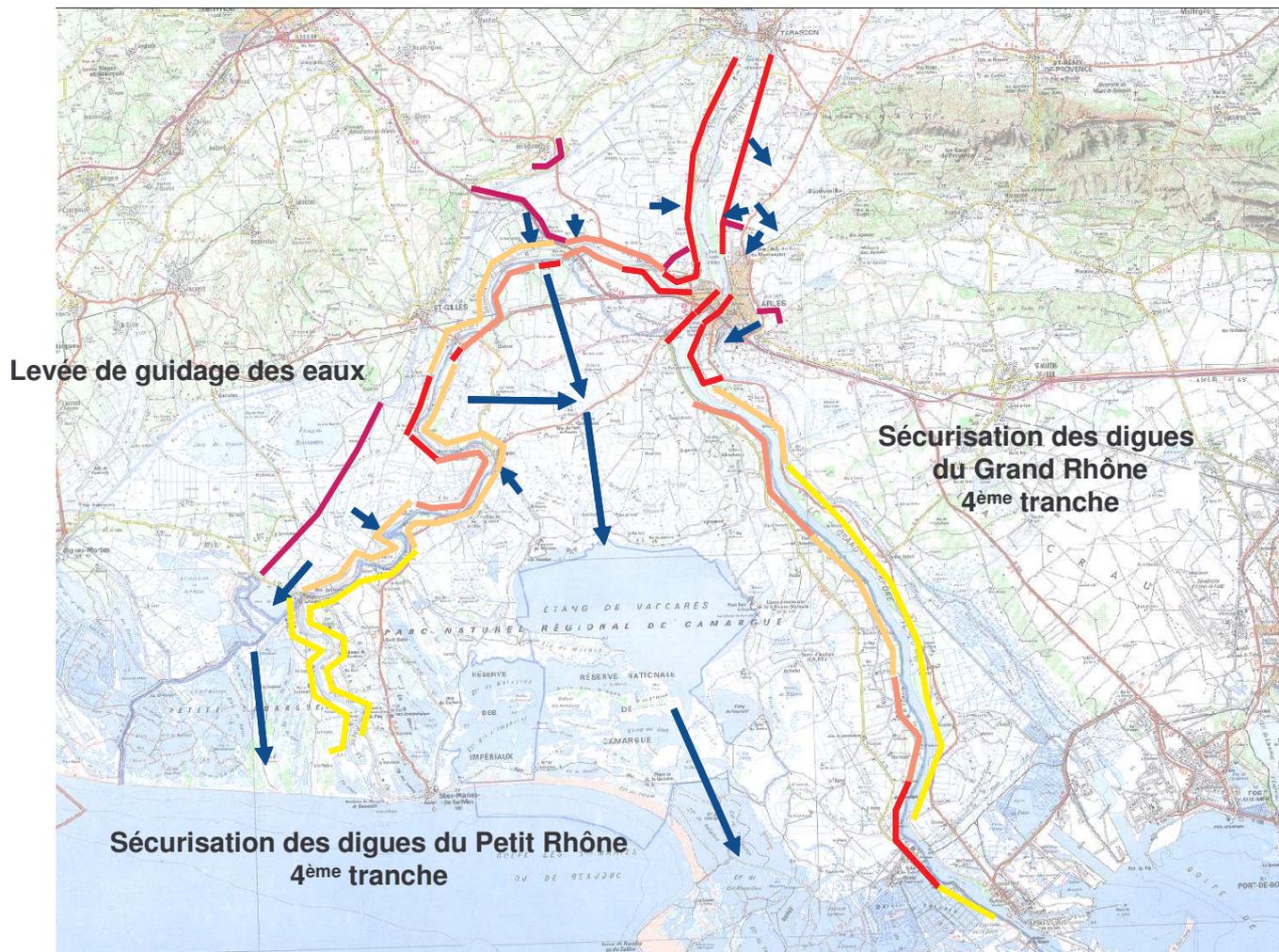
Programme d'aménagement à l'aval de Beaucaire 2^{ème} tranche



Programme d'aménagement à l'aval de Beaucaire 3^{ème} tranche



Programme d'aménagement à l'aval de Beaucaire 4^{ème} tranche



DIREN RHONE-ALPES
ASSISTANCE TECHNIQUE POUR L'ELABORATION DU PLAN RHONE
PRE-SCHEMA SUD – NOTE D'AVANCEMENT

			TOTAL
TOTAL en millions d'euros			311
<i>1ère tranche</i>			128,6
BA 0	Etude de calage précis entre Beaucaire et Arles	SYMADREM	0,1
BA 2	Sécurisation du remblai RFF	RFF / SYMADREM ?	33,0
BA 1	Renforcement digue rive droite entre Beaucaire et Fourques	SYMADREM	18,0
BA4a	Protection rapprochée Arles Nord (hors ressuyage)	SYMADREM	2,2
BA 4b	Protection rapprochée sud Tarascon	Tarascon / SYMADREM ?	0,6
BA 3c	Protection rapprochée Bellegarde	SYMADREM ?	1,6
BA 3c	Protection rapprochée Fourques côté Rhône	SYMADREM	5,4
BA 3c	Protection rapprochée Fourques côté plaine	SYMADREM ?	1,1
BA 3a	Gestion volumes déversés rive droite: programme de base	SI Fourques Bellegarde	3,0
BA 4c	Amélioration ressuyage casier du Trébon	SYMADREM	5,0
PR4	Gestion des eaux Grande Camargue, 1ère tranche	PNR Camargue ?	3,0
PR2	Gestion des eaux RD Petit Rhône: Programme Camargue Gardoise, 1ère tranche	S. Camargue Gardoise	3,0
PR 1	Rehausse digue RD Petit Rhône amont St-Gilles	SYMADREM	6,6
GR 1	Renforcement des quais d'Arles	SYMADREM	20,0
GR 2	Renforcement des digues du Grand Rhône: points sensibles (env. 6 km)	SYMADREM	10,0
PR 1	Déversoirs Petit Rhône	SYMADREM	6,0
PR 1	Renforcement digues et décorsetage limité Petit Rhône, 1ère urgence	SYMADREM	10,0
<i>2ème tranche</i>			72,0
PR4	Gestion des eaux Grande Camargue, 2ème tranche	PNR Camargue ?	4,0
PR2	Gestion des eaux RD Petit Rhône: Programme Camargue Gardoise, 2ème tranche	S. Camargue Gardoise	4,0
PR 1	Renforcement digues et décorsetage limité Petit Rhône, 2ème urgence	SYMADREM	30,0
GR 2	Renforcement digues et décorsetage limité Grand Rhône: 2ème urgence	SYMADREM	15,0
BA 4f	Franchissement du Vigueirat	SYMADREM/SIVVB ?	11,0
BA 4d	Amélioration ressuyage marais des Baux	Arles / SIVVB ?	6,0
BA 3b	Porte de ressuyage de la plaine de Bellegarde	SYMADREM ?	2,0
<i>3ème tranche</i>			54,2
BA 4e	Transparence canal des Alpines	ASA Alpines ?	0,2
BA 5	Levée amont St-Gilles	SI Fourques Bellegarde ?	6,0
BA 4g	Digue amont Fourchon	Arles ?	3,0
GR 2	Renforcement digues et décorsetage limité Grand Rhône, suite	SYMADREM	15,0
PR 1	Renforcement digues et décorsetage limité Petit Rhône, suite	SYMADREM	30,0
<i>4ème tranche</i>			56,0
GR 2	Renforcement digues et décorsetage limité Grand Rhône	SYMADREM	20,0
PR 1	Renforcement digues et décorsetage limité Petit Rhône, suite	SYMADREM	30,0
PR 3	Levée de guidage	S. Camargue Gardoise	6,0