

# Sécurisation des digues du Rhône entre Beaucaire et Arles 2007 - 2022



# SYMADREM

SYNDICAT MIXTE INTERRÉGIONAL D'AMÉNAGEMENT DES DIGUES DU DELTA DU RHÔNE ET DE LA MER

Plan  
Rhône





## Un territoire meurtri par les inondations

**Le delta est soumis au double effet des crues du Rhône et des tempêtes marines.**

Huit inondations majeures du Rhône ont eu lieu sur le territoire depuis 1840, provoquant à chaque fois le déversement de plusieurs centaines de millions de m<sup>3</sup> et générant plusieurs centaines de millions d'euros de dommages.

### 1840

- 13 000 m<sup>3</sup>/s débit estimé
- 300 ans période de retour
- 2,8 milliards de m<sup>3</sup> d'eau déversés
- 18 brèches
- 2,4 milliards € de dommages actuels



1856 - Tarascon

### 1856

- 12 500 m<sup>3</sup>/s débit estimé
- 200 ans période de retour
- 1,8 milliard de m<sup>3</sup> d'eau déversés
- 9 brèches
- 2,1 milliards € de dommages actuels



1856 - Visite de Napoléon III à Tarascon

### 2003

La dernière inondation en date est celle de décembre 2003.

- 11 500 m<sup>3</sup>/s débit estimé
- < 100 ans période de retour
- 227 millions de m<sup>3</sup> d'eau déversés
- 4 brèches

- 12 000 personnes inondées
- 500 à 700 millions € de dommages



2003 - Arles

**Ordre de grandeur :**

**Le barrage de Serre-Ponçon stocke 1,3 milliard de m<sup>3</sup> d'eau.**

La surveillance et les interventions en période de crue permettent de retarder la formation de brèches. Toutefois, il arrive un stade où compte tenu de l'état très ancien et hétérogène des digues, la brèche devient inévitable.



## Des ouvrages anciens et fragilisés

### Un système de protection âgé de 800 ans

Le système actuel de protection a été créé au XIX<sup>ème</sup> siècle après les crues de 1840 et 1856. Il a consisté à rehausser des ouvrages encore plus anciens, dont certains remontent au XII<sup>ème</sup> siècle. Du fait de leur mode de réalisation (compactage manuel avec des dames de 15 kg et non prise en compte de la teneur en eau à l'optimum découverte en 1933 par Ralph Proctor) et de l'effet « mille-feuilles » dû aux phases successives de rehaussement, les digues du Rhône sont fortement exposées au risque de **brèche par érosion interne**. Cette fragilité intrinsèque est



Terrier de blaireau



Digue bordée d'enjeux environnementaux

aggravée par **des terriers récurrents de blaireaux et la présence de nombreux ouvrages traversants**.

### Des digues proches du fleuve

Une autre caractéristique de ces digues est qu'elles ont été construites proches du fleuve et qu'elles sont bordées d'enjeux environnementaux.

Leur confortement en place, dans les règles de l'art actuel, aurait impacté la ripisylve, entraînant un surcoût de protection des berges et la destruction d'espèces protégées.

#### A noter

La probabilité de brèche, confirmée par les inondations historiques, est supérieure à 50 % dès que le débit atteint 9 500 m<sup>3</sup>/s à Beaucaire/Tarascon, soit pour une période de retour de 20 ans. Elle passe à 100 % pour un débit de 10 500 m<sup>3</sup>/s !

**Une rénovation complète du système de protection, respectueuse des enjeux environnementaux présents dans le delta, était nécessaire et urgente.**



## Réponse apportée : le plan Rhône

### Le programme de sécurisation

Suite aux inondations de 2003, une stratégie globale de prévention des inondations a été définie, sous l'égide de l'Etat et des régions à l'échelle du bassin rhodanien : le plan Rhône.

Le Symadrem a décliné le volet inondation, de ce plan dans un programme de sécurisation des ouvrages de protection depuis le Barrage de Vallabrègues jusqu'à la Mer.

### Objectifs du programme de sécurisation

- Ne pas rehausser les ouvrages pour éviter de reporter des déversements inévitables plus en amont/aval ou sur la rive opposée ;
- Accepter l'inondation pour des crues rares (débit de plus de 11 500 m<sup>3</sup>/s entre Beaucaire et Arles et de 10 500 m<sup>3</sup>/s en aval d'Arles) avec une répartition égale des volumes déversés entre rives ;

- Considérer la formation de brèches comme inacceptable jusqu'à des événements exceptionnels (débit de 14 160 m<sup>3</sup>/s) de période de retour d'environ 1000 ans.

Ce choix passe par :

- une sécurisation complète du système de protection, pour éviter toute rupture de digue, jusqu'à une crue exceptionnelle du Rhône ;
- la réalisation de digues résistantes à la surverse. Cela consiste à renforcer avec des enrochements bétonnés le talus de digue côté val, de manière à résister aux vitesses élevées en cas de surverse, à l'origine des brèches.

La mise en œuvre de ce programme s'est accompagnée d'une stratégie environnementale basée sur l'évitement des enjeux environnementaux et d'une valorisation écologique des bords du fleuve.

Étant donné son ampleur (plus de 450 millions d'euros HT), le programme de sécurisation a été scindé en plusieurs opérations.

Aujourd'hui, 210 millions d'euros ont été investis dont 195 millions sur les ouvrages depuis le Barrage de Vallabrègues jusqu'à l'aval d'Arles.



Digue résistante à la surverse

**Programme de sécurisation des ouvrages  
contre les crues du Rhône  
du barrage de Vallabrègues à la mer**



Source : SYMADREM  
Fond de carte : IGN France Raster 1/100 000  
Réalisation : SYMADREM 2019  
Référence : 19002

- Digue millénaire
- Digue résistante à la surverse
- Digue de protection rapprochée
- Digue à la mer
- Epi

0 5 000 10 000 15 000  
Mètres

## Concertation et acceptation

Les pouvoirs publics ont fait le choix de ne plus répondre aux inondations par un rehaussement de digues comme cela avait été le cas jusqu'au plan Rhône.

Certains tronçons d'ouvrages ont donc été dimensionnés pour laisser passer une lame d'eau sans brèche. Ils sont appelés «digues résistantes à la surverse».

Ces dernières sont calées pour contenir, sans déversement, des crues rares de période de retour d'environ 100 ans en amont d'Arles et 50 ans en aval.

Au-delà de ces événements, elles sont renforcées pour laisser se déverser l'eau sans entraîner la ruine de la digue.

Lors de crues fortes avec des inondations inévitables, il y aura des entrées d'eau, mais elles seront **10 à 20 fois moins importantes qu'en cas de brèche**.

En outre, l'inondation sera lente, connue à l'avance et gérable par les autorités compétentes en matière de secours.

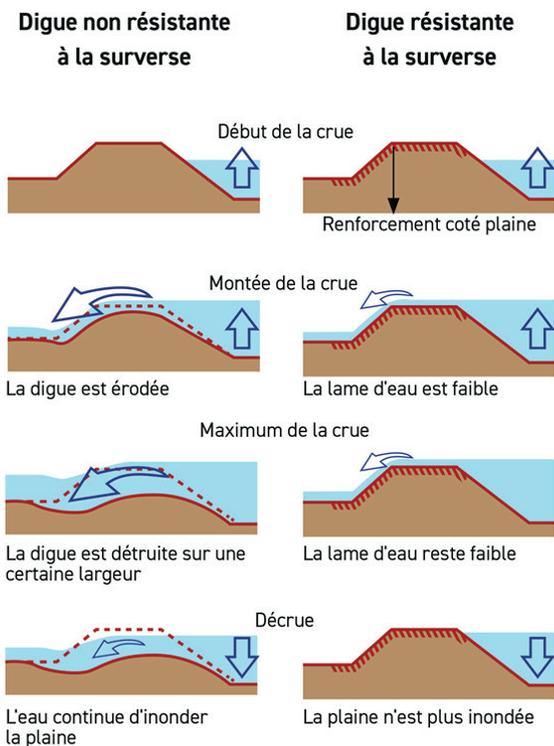
Le passage d'un risque de brèche très fort mais aléatoire et imprévisible, à un risque certain de surverse sans brèche,

très faible et prévisible a nécessité de nombreuses réunions de concertation. Elles ont été menées avec l'appui de l'État et elles ont permis, *in fine*, l'acceptation des ouvrages par la population.



Réunion publique - Arles

## D'un risque aléatoire, imprévisible et très fort ... à un risque certain, prévisible et très faible



Exemple de brèche à Aimargues



Exemple de surverse sans brèche



## Stratégie environnementale

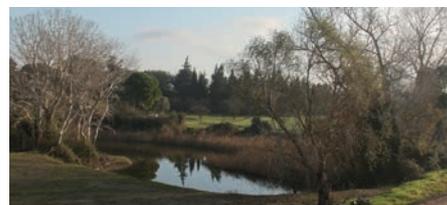
### Objectifs environnementaux

Des objectifs environnementaux ont été intégrés dès la conception des ouvrages afin d'éviter la destruction d'enjeux écologiques très forts. Le Symadrem s'est donné comme principe de démonter les digues et de les **reconstruire en recul du fleuve**. Ce fut le cas pour la digue au sud d'Arles ou encore celle de Beaucaire-Fourques.

Ainsi, les enjeux écologiques, tels que la ripisylve, ont été sauvegardés. Cette

préservation est également passée par la **restauration et/ou la création de zones humides, la transplantation d'espèces, la réalisation de lônes...** De l'espace a ainsi été redonné au fleuve.

La construction des ouvrages nécessitant d'importants volumes de matériaux, le recyclage des matériaux des digues anciennes et l'emprunt des terres situées entre le fleuve et la digue ont été favorisés pour réduire à la fois le coût des ouvrages et l'empreinte carbone des chantiers.



Mare restaurée



Transplantation d'aristoloches et Diane



Recul de la digue au sud d'Arles



Extraction de matériaux sur place et création d'une lône

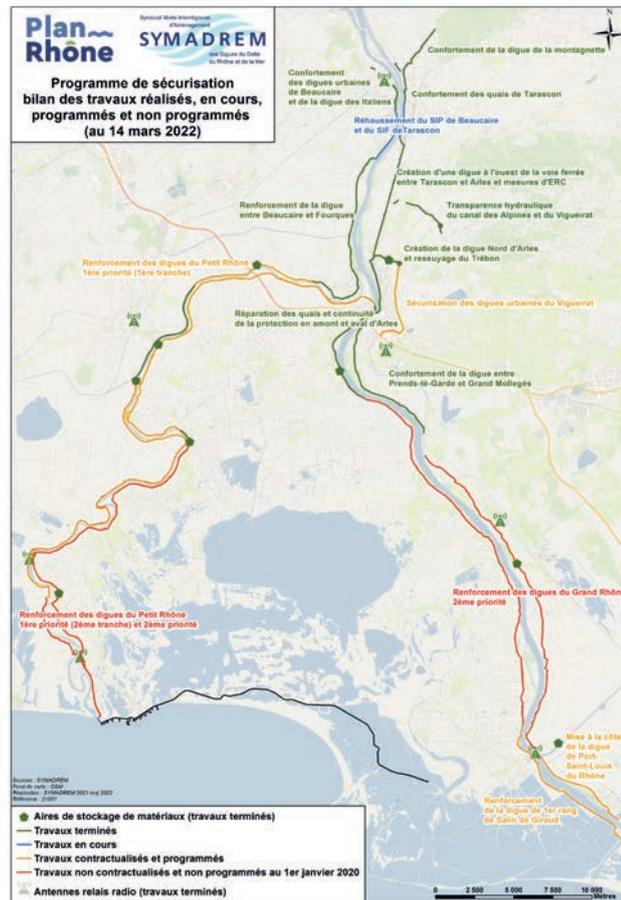


## 15 ans de travaux

Les travaux ont été priorisés en fonction des critères suivants :

- présence d'enjeux humains à proximité des digues ;
- conséquences d'une brèche dans la zone protégée ;
- maîtrise ou non du foncier ;
- contraintes réglementaires liées aux travaux ;
- état des ouvrages confirmé par le retour d'expérience historique ou par les analyses de risques ;
- programmation financière.

Ces critères ont amené le Symadrem à intervenir en priorité au droit des zones habitées et de l'amont vers l'aval.





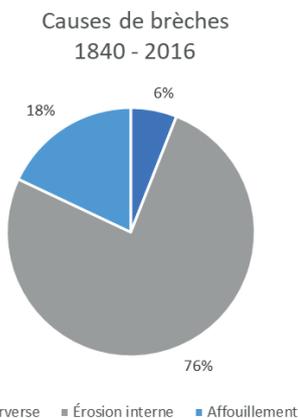
## Analyser et réduire la probabilité de rupture des digues

**114 brèches et départs de brèche ont été recensés depuis 1840.** La principale cause de rupture est l'érosion interne et plus précisément **l'érosion de conduit**, exception faite de l'inondation de novembre 1840 qui a été causée par des brèches par surverse des digues qui, à l'époque, étaient plus basses.

**L'érosion de conduit** est initiée par l'eau qui **s'écoule dans un défaut pré-existant de la digue**. Ce dernier n'est pas forcément traversant mais peut le devenir sous l'effet de la pression de l'eau.

Dans le cas des digues du delta du Rhône, les brèches par érosion interne ont été initiées dans **80 %** des cas, dans **des terriers de blaireaux** et dans **20 %** des cas, dans **des vides long de canalisations traversantes**.

La cinétique de développement d'une brèche par érosion de conduit est très rapide et dépend de la nature du matériau. Quelques dizaines de minutes suffisent entre le début de l'écoulement dans le conduit et la formation de la brèche, ce qui rend aléatoire les interventions d'urgence.



La création d'une digue sûre et durable nécessite d'analyser préalablement les différentes causes de rupture possibles et d'en évaluer la probabilité.

Le Symadrem prend en compte 13 types de scénarios possibles. Les trois événements redoutés sont les scénarios respectivement de :

- brèche par érosion de conduit dans un **ancien terrier de blaireau** partiellement colmaté et non visible ;
- brèche par érosion de conduit **le long d'un vide existant** entre une

canalisation traversante et le remblai de la digue ;

- brèche par **surverse** sur la digue.

Ce n'est qu'une fois cette analyse de risque réalisée, que la conception de la digue peut démarrer. Cette dernière passe par le rétablissement des fonctions techniques décrites ci-après.



Terrier de blaireau



Brèche causée par un ouvrage traversant



## Principe des travaux

La rénovation complète du système de protection et la construction de digues sûres et durables, reposent sur une analyse approfondie des causes possibles de rupture (cf. page précédente) et sur le rétablissement des fonctions de sûreté suivantes :

- étanchéité et résistance ;
- filtration et drainage ;
- stabilité et protection ;
- évacuation (résistance à la surverse) ;
- surveillance ;
- environnement.

### Étanchéité et résistance

L'étanchéité est la première barrière de sécurité d'un ouvrage de protection. Plusieurs types d'intervention ont été mis en œuvre.

#### Ouvrages maçonnés

Pour les ouvrages maçonnés, les travaux d'étanchéité ont consisté à reprendre intégralement la maçonnerie des parements en colmatant au préalable les fissures ou à

réaliser des masques en béton projeté sur les parements déjà bétonnés.



Quais d'Arles - parement



Digue de la Montagnette - rejointement



Digue de la banquette - fissure colmatée



Digue de la Montagnette - réalisation d'un masque étanche en béton projeté

## Digues en remblai

Les ouvrages en remblai ont été systématiquement démontés, pour casser l'effet « mille-feuilles » créé par 800 ans de rehaussements successifs, et reconstruits dans les règles de l'art actuel.

Le niveau de compacité minimal exigé a été de 95 %. La teneur en eau requise avant compactage a dû être entre 0 et 3 % au-dessus de la teneur en eau optimale (appelé teneur en eau à l'Optimum Proctor). Ces deux para-

mètres sont le garant d'une résistance optimale à l'érosion des matériaux de remblai.

Plusieurs étapes de construction sont nécessaires :

- la réalisation de la clé d'étanchéité, qui permet de traiter la couche superficielle de fondation ;
- l'aération ou l'humidification du matériau pour l'amener à la bonne teneur en eau ;
- la réduction de la mouture pour homogénéiser la teneur en eau

du matériau ;

- le compactage par couche de 30 cm au pied dameur (également appelé pied de mouton) ;
- le contrôle de la compacité au gammadensimètre et au pénétromètre dynamique.



Gammadensimètre



Clé d'étanchéité



Humidification dans la masse



Homogénéisation



Compactage

## Filtration et drainage

La filtration et le drainage du remblai et de sa fondation permettent en cas de défaillance de l'étanchéité, d'assurer le transit de l'eau tout en évitant le transport de particules solides à l'origine de phénomènes d'érosion interne.

Ils constituent donc une deuxième barrière de sécurité, qui va augmenter très sensiblement le niveau de sûreté de la digue.

Ces fonctions peuvent être assurées par un géotextile filtrant englobant une couche de graviers (solution retenue entre Beaucaire et Arles) ou par un géo-composite (solution retenue en aval d'Arles).

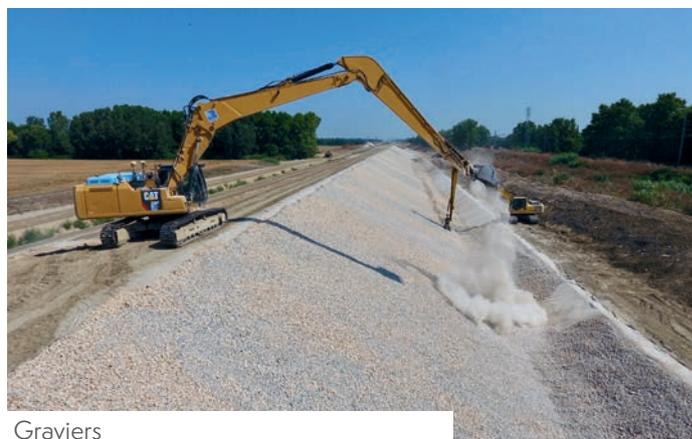
Pour les ouvrages maçonnés, cela peut passer par la réalisation de forages sur le parement côté zone protégée pour améliorer le drainage des infiltrations éventuelles et la dissipation des sous-pressions.



Exutoires de drainage - Déversoir de Boulbon



Géotextile filtrant



Graviers



Seconde couche de géotextile



Géocomposite filtrant/drainant

## Stabilité et protection

Le filtre est stabilisé, pour éviter son soulèvement en cas de sous-pression, par l'adossement d'une recharge sur le talus côté zone protégée et en adoucissant les talus. Par ailleurs, une protection contre les animaux fouisseurs est mise en oeuvre pour éviter la formation de nouveaux conduits.

### A noter

80% des brèches par érosion interne, observées depuis 1993, ont été initiées dans des terriers d'animaux fouisseurs.



Recharge aval



Pose grillage anti-fouisseurs



Grillage anti-fouisseurs



Talus adoucis

## Évacuation - résistance à la surverse

Pour les digues résistantes à la surverse, le talus côté « zone protégée » est renforcé avec des enrochements bétonnés, de manière à résister aux vitesses élevées, en cas de déversement, à l'origine des brèches. En amont et aval, les digues sont calées 50 cm au-dessus de la crue millénale pour éviter tout risque de contournement en cas d'entrée d'eau (étapes de construction ci-contre).



Pose d'enrochements de 200 à 400 kg



Bétonnage des enrochements



Poutre béton destinée à caler le niveau de surverse...



... et à éviter les infiltrations dans les enrochements bétonnés



Intégration paysagère



## Les ouvrages hydrauliques traversants

Les ouvrages hydrauliques traversants représentent des points faibles pour les digues. Ils peuvent constituer des passages préférentiels de l'eau en période de crue entre l'ouvrage et le remblai de la digue. Il est donc essentiel de sécuriser ces traversées par un traitement adéquat.



3 - Tranchée et bétonnage du fond de fouilles



6 - Pose du filtre et drain aval



1 - Ouverture des fouilles



4 - Pose de la canalisation



7 - Liaison filtre/canalisation



2 - Compactage de l'assise de la fondation



5 - Bétonnage plein fouille et enrobage



8 - Réalisation drainage aval



## Sécurisation de la surveillance et des interventions d'urgence

De nombreuses améliorations ont été effectuées pour optimiser et faciliter la surveillance et les interventions d'urgence en périodes de crues :

### Signalisation routière

Ces panneaux directionnels, conformes à la réglementation, ont été placés le long des voies publiques principales. Ils permettent aux équipes de surveillance, constituées d'agents municipaux ou de volontaires issus des réserves communales de sécurité civile, d'accé-

der rapidement aux ouvrages.

### Amélioration de l'accès aux ouvrages

Les pistes les plus détériorées ont été rendues carrossables et de nouveaux accès aux digues ont été créés.

### Bornes de repérage

Positionnées sur la totalité du linéaire, elles facilitent la localisation des désordres et des interventions. 800 bornes sont disposées tous les 250 m environ.



Borne de repérage



Crête de digue après travaux de carrossabilité

### Aménagement d'aires de stockage de matériaux

Le facteur temps est déterminant en période de crue quand il s'agit de traiter un désordre ou un départ de brèche. Ces **9 aires** facilitent l'approvisionnement en matériaux (enrochements, matériau argileux, laitier...) en cas d'intervention d'urgence. Elles évitent de parcourir des distances parfois importantes (plus de 50 km) et de laisser les désordres s'aggraver.

## Logiciel de prévention des crues

Pour pallier la défaillance éventuelle d'accès au site internet Vigicrues, le Symadrem s'est doté de son propre outil de prévision. Ce dernier est basé sur un modèle alimenté par les données hydrologiques provenant de l'ensemble des stations hydrométriques amont (par transmission radio) afin de pouvoir prévoir avec 9 heures d'anticipation les débits et les niveaux d'alerte à Beaucaire/Tarascon.

## Réseau radio

Le syndicat a aussi déployé son propre réseau radio afin de sécuriser les échanges entre les équipes de surveillance et son poste de commandement. Il permet également de s'affranchir des difficultés d'accès au réseau téléphonique courant dans un contexte de crise. Il comprend 7 relais radio reliés entre eux par faisceau hertzien qui forment une boucle sécurisée. Ils assurent grâce à cette



Relais radio du Symadrem

configuration une continuité de service même en cas de rupture d'une des liaisons hertziennes.

## Limnigraphes

Afin d'améliorer la connaissance des hauteurs d'eau en différents points du Rhône, plus ou moins éloignés de la station de référence de Beaucaire/Tarascon, le Symadrem a décidé de s'équiper de ses propres stations de mesure (limnigraphes).



Pose de la fibre optique

Les limnigraphes recueilleront les données de hauteur d'eau en temps réel en différents lieux du fleuve. Grâce à cela, le syndicat disposera d'un véritable réseau de suivi des niveaux d'eau le long des digues du delta du Rhône. Une vingtaine de stations de mesure sera installée.

## Fibre optique

Une fibre optique a été implantée, à titre expérimental, dans le drain côté zone protégée des digues Beaucaire-Fourques et Tarascon-Arles. Elle va permettre de détecter de très faibles variations de températures, témoins d'éventuelles infiltrations dans la digue.

Ce dispositif va faciliter :

- la détection précoce des fuites latentes évolutives ;
- le repérage des signes précurseurs de défaillance potentielle de l'ensemble filtre-drain ;
- la localisation précise de la position de ces fuites sur le linéaire ausculté.



PC sécurité du Symadrem

Quais d'Arles avant travaux



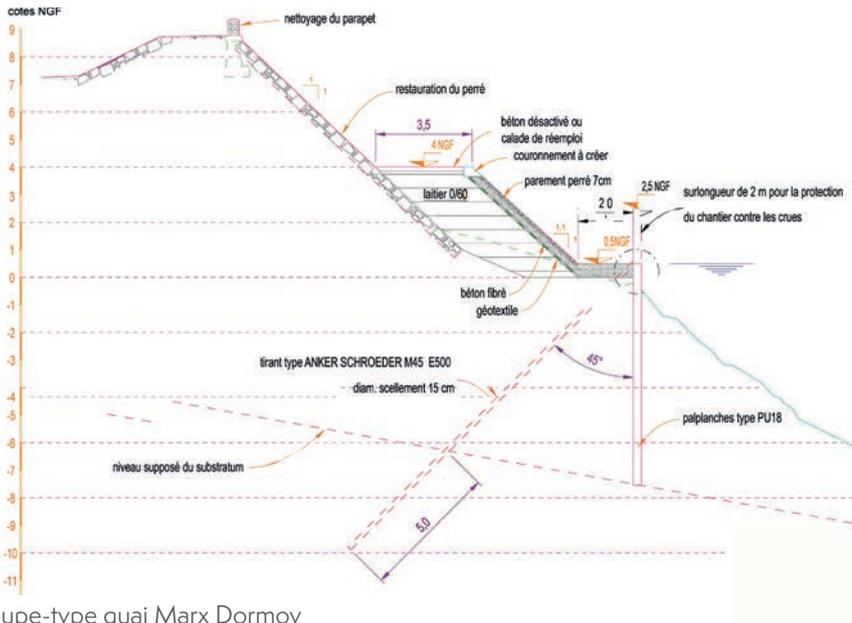
Battage du rideau de palplanches



## Quais d'Arles



Quais d'Arles après travaux



Coupe-type quai Marx Dormoy

### Problématique

Les vitesses du Rhône très importantes en traversée d'Arles, dues au rétrécissement du fleuve, ont érodé le fond du lit et ont conduit à la formation d'une fosse d'érosion déstabilisant les fondations des quais et entraînant la ruine progressive des ouvrages par effondrements successifs.

### Travaux

- Réparation des parties effondrées.
- Battage d'un rideau de palplanches en pied de digue.
- Réfection des maçonneries.
- Modernisation des batardeaux.

**Montant de l'opération** : 27 millions €



Anciennes portes de Beaucaire



## Digue de la Banquette et portes de Beaucaire



Porte en cours d'installation

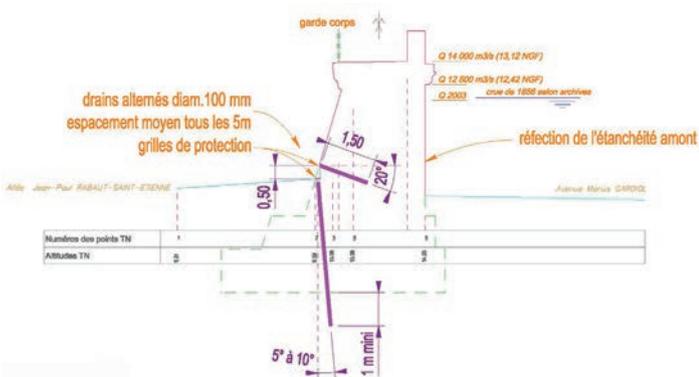
### Problématique

Le diagnostic avant travaux a montré des faiblesses de la digue et un manque de hauteur de ses portes de protection, malgré un bon état général.

### Travaux

- Colmatage des fissures sur le parement côté fleuve pour améliorer l'étanchéité.
- Réalisation de forages sur le parement côté ville pour améliorer le drainage des infiltrations éventuelles.
- Changement et rehausse des portes métalliques.
- Reconstruction du parapet en amont.
- Modernisation des passages batardes.

**Montant de l'opération** : 0,8 million €



Coupe type digue de la banquette



Digue de la banquette

Siphon de transfert et ouvrage de régulation du Vigueirat



## Problématique

Les digues du Vigueirat empêchent les eaux en provenance du Rhône de transiter vers les marais des Baux. Afin d'éviter une nouvelle inondation des quartiers nord d'Arles même après création de la digue entre Tarascon et Arles, une digue de 2<sup>nd</sup> rang a été construite au nord de la zone urbaine d'Arles.

## Travaux

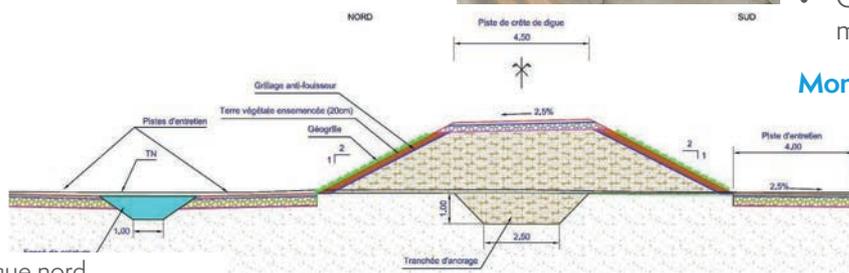
- Réalisation d'une digue en limons argileux compactés.
- Construction d'un siphon de transfert sous le Vigueirat pour améliorer le ressuyage de la plaine du Trébon.
- Conception d'un ouvrage de régulation du Vigueirat pour limiter son débit en traversée du centre-ville.
- Création de plateformes de pompage mobiles.

Montant de l'opération : 7,3 millions €

# Digue de 2<sup>nd</sup> rang nord d'Arles



Digue de protection



Coupe-type digue nord

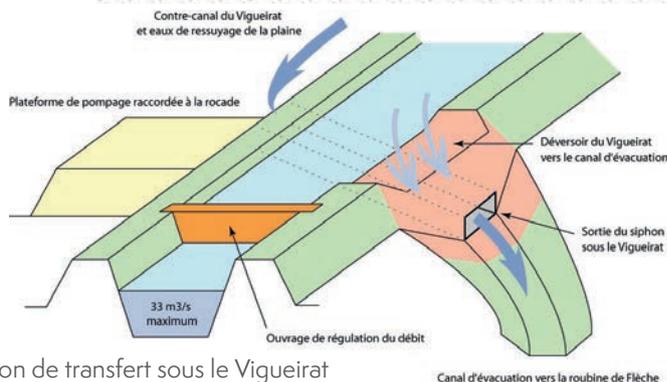


Schéma de principe du siphon de transfert sous le Vigueirat

## Problématique

Cet ouvrage construit dans la moitié du XIX<sup>e</sup> siècle n'avait jamais été conforté. Plusieurs désordres majeurs ont été observés en 2003 et le maintien de la digue n'a tenu qu'à un fil. Cette digue était bordée d'enjeux environnementaux et très proche du fleuve sur sa partie aval, rendant son confortement en place très impactant pour l'environnement et très coûteux en termes de protection de berges.

## Travaux

- Démontage de la digue existante.
- Réalisation d'une digue en recul du fleuve en limon argileux.
- Mise en œuvre d'un géocomposite filtrant/drainant côté protégé,
- Mise en place de grillage anti-fouisseurs.
- Création de pistes d'exploitation en pied et crête de digue.

**Montant de l'opération** : 16,6 millions €

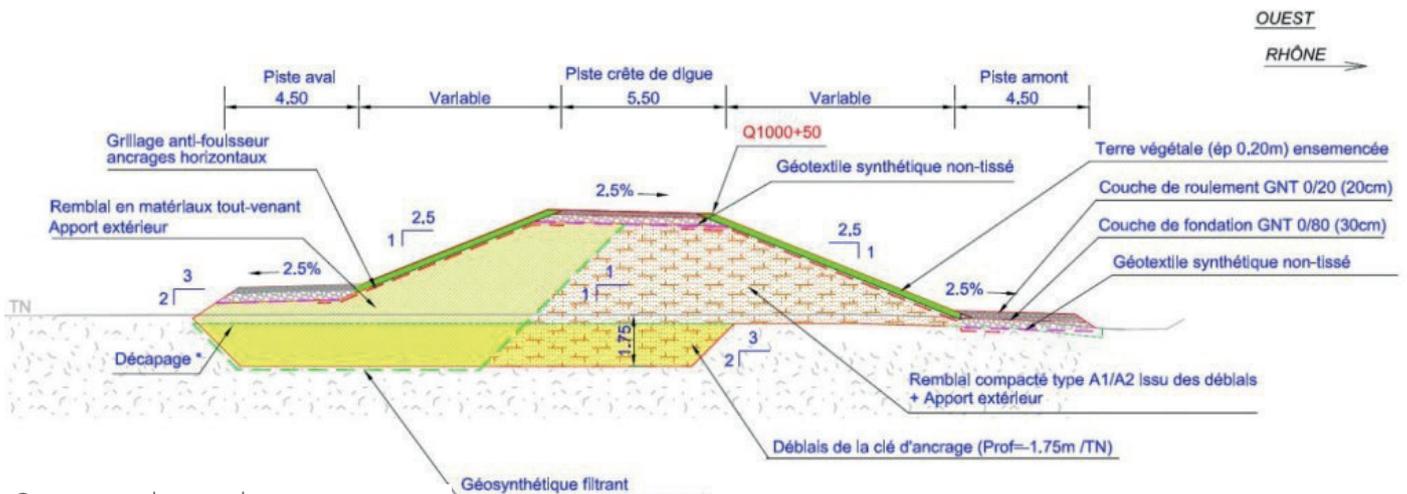


Digue d'origine

## Digue sud d'Arles



Recul de la digue en cours de travaux



Coupe type digue sud

Digue des Italiens



Digue de Fourques - Décembre 2003



## Problématique

Ce tronçon de digue n'a pas subi de brèche lors de la crue de 2003 malgré quelques surverses notamment au droit de la zone Domitia à Beaucaire et de la prise d'eau BRL.

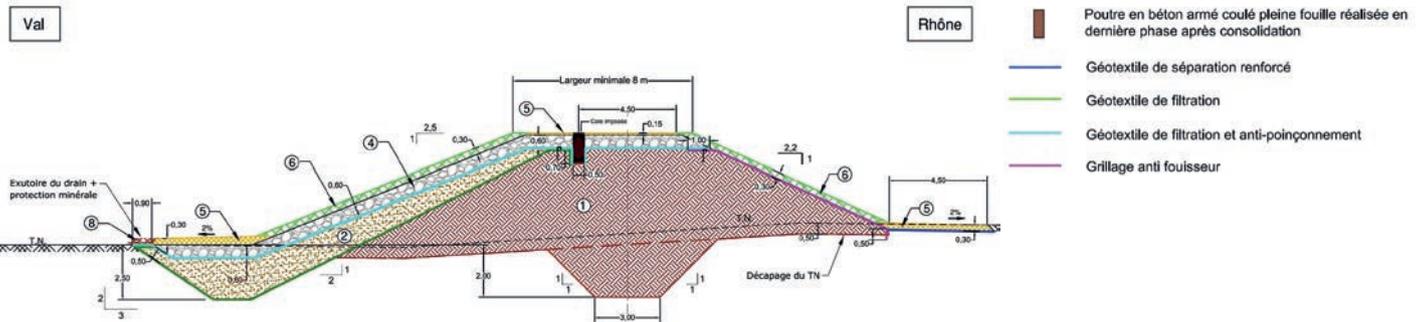
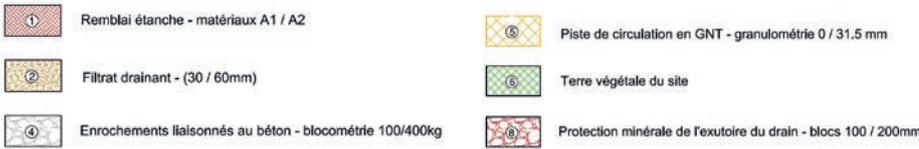
## Travaux

- Rehaussement de l'écluse de Beaucaire (travaux VNF) et de la digue des Italiens.
- Renforcement de la digue pour résister à un déversement, sans rupture d'ouvrage jusqu'à la crue millénale entre le Fer à cheval et la prise d'eau BRL.
- Renforcement et rehaussement de la digue depuis la prise d'eau BRL jusqu'à la station de Tourettes en aval de Fourques.
- Décaissement de 390 000 m<sup>3</sup> de matériaux en aval du barrage de Vallabrègues qui ont servi de remblai dans le cadre de l'opération.
- Réalisation de mesures compensatoires environnementales : création de 7 mares et restauration de 6 mares.

# Digue Beaucaire - Fourques



Digue Beaucaire - Fourques après



Montant de l'opération : 57,5 millions €

Coupe-type digue résistante à la surverse



SIP à gauche et SIF à droite après le pont



## Sites industrialo-portuaire et fluvial de Beaucaire et Tarascon



Travaux sur le SIF à Tarascon

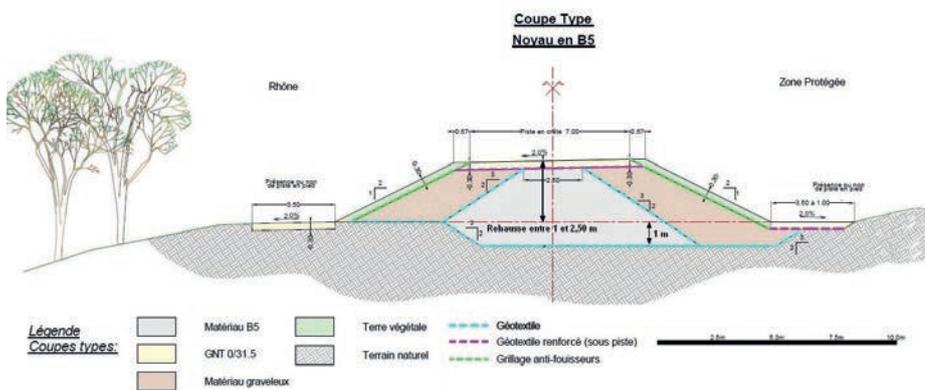
### Problématique

L'inondabilité des sites industrialo-portuaire de Beaucaire (SIP) et fluvial de Tarascon (SIF), pour des crues inférieures à la crue exceptionnelle pose des problèmes de contournement des ouvrages lors de crues déversantes.

### Travaux

- Création d'une digue en terre sur chaque plateforme calée à la cote millénaire assortie d'une revanche de 50 cm
- Rehaussement du site-industrialo-portuaire de Beaucaire d'1 m sur 3,8 km
- Rehaussement du site-industrialo-fluvial de Tarascon d'1,5 m sur 1,9 km.
- Extraction des matériaux constituant les ouvrages d'un casier de l'île du Comte (65 000 m<sup>3</sup>).

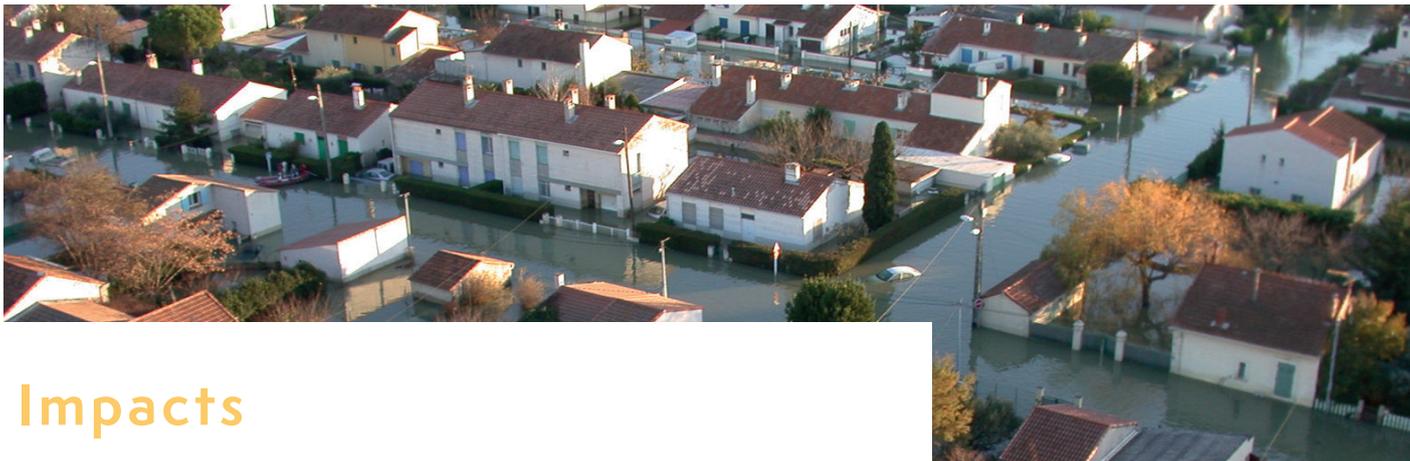
Montant de l'opération : 5,4 millions €



Coupe-type du rehaussement du SIP et du SIF



Travaux sur le SIP à Beaucaire



# Impacts

## Impacts hydrauliques

Deux types d'impacts hydrauliques sont appréciés, les impacts sur les niveaux du fleuve dans le lit mineur et l'aléa dans la zone protégée, une fois la digue franchie par les eaux.

La cote altimétrique et la longueur des digues résistantes à la surverse ont été déterminées de manière à ne pas aggraver les lignes d'eau du fleuve et garantir l'absence d'impact sur des ouvrages structurants comme le barrage de Valabrègues ou sur les autres bras du Rhône.

Le gain pour la sécurité des populations résidant dans les zones protégées a été apprécié sur la base du retour d'expérience historique et des modélisations hydrauliques des surverses sans brèche après travaux.

## Volumes d'eau déversés en zone protégée

Grâce à ces travaux, le **volume d'eau** en zone protégée sera entre **7 et 14 fois inférieur** à celui déversé lors des crues historiques.

### Illustration du gain apporté par les travaux :

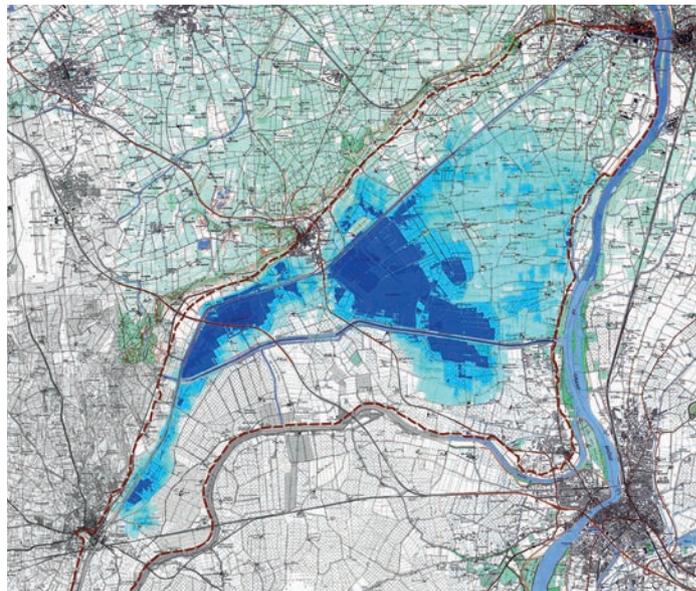
Lors de la crue de 1856, dont le débit était de 12 500 m<sup>3</sup>/s en tête de delta, 1,8 milliard de m<sup>3</sup> d'eau se sont déversés sur le territoire. Après les travaux, pour le même niveau de crue, le volume de déversement est estimé à 130 millions de m<sup>3</sup> d'eau, répartis équitablement le long des trois bras du Rhône, soit 14 fois moins.

Digue résistante à la surverse	Volumes déversés (en Mm <sup>3</sup> ) en fonction du scénario hydrologique				
	Q9500	Q10500	Q11500	Q12500	Q14160
Digue du Rhône rive droite Beaucaire Fourques	0	0	0	20 à 25	100 à 115
Digue du Rhône rive gauche Tarascon Arles	0	0	0	20 à 25	95 à 115
Digue du petit Rhône rive droite - Versadou	0	0	0 à 1	3 à 5	5 à 8
Digue du petit Rhône rive droite - La fosse	0	0	4 à 7	12 à 20	20 à 32
Digue du petit Rhône rive gauche - Figarès	0	0	3 à 7	12 à 25	20 à 35
Digue du grand Rhône rive droite aval Salin	0	0	10	50	90 à 110
Digue du grand Rhône rive gauche Port Saint Louis	0	0	0	0	0,7
Total Etat final	0	0	20	130	375
Total Etat initial Rex historique	2 pour Q9500 (nov. 2002) 130 pour Q9300 (oct. 1993)	60 pour Q10300 (janv. 94)	227 pour Q11500 (déc. 2003)	1800 pour Q12500 (mai 1856)	2800 pour Q13000 (nov. 1840)
Réduction du volume de déversement (EP 20/ EI)	- ∞	- ∞	11	14	7

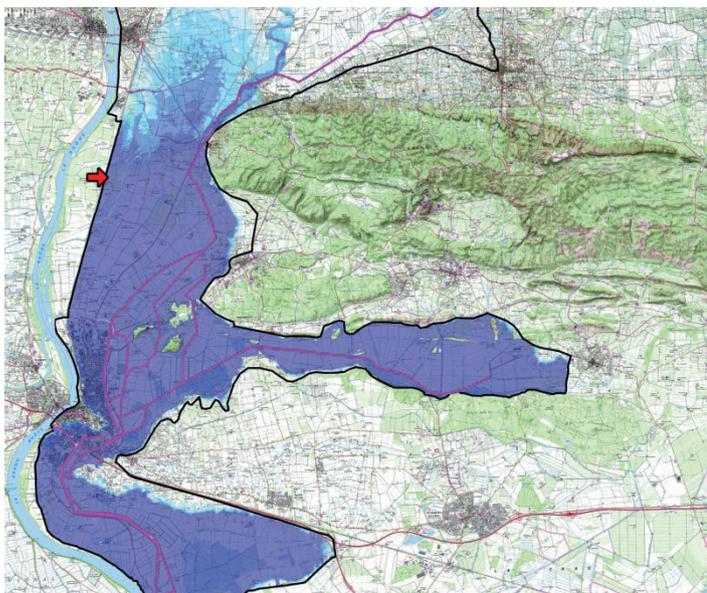
## Modélisations hydrauliques d'une crue type 1856 (12 500 m<sup>3</sup>/s)



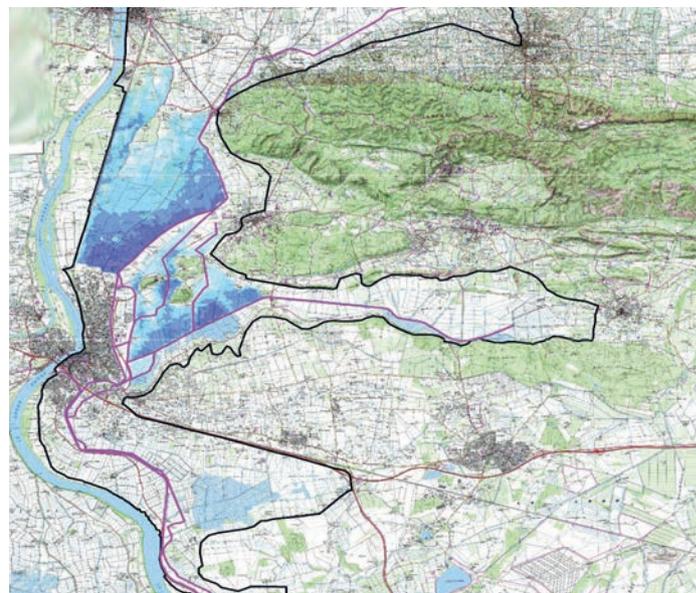
Brèche, quasi-certaine, avant les travaux entre Beaucaire et Fourques



Surverse sans brèche, quasi-certaine, après les travaux entre Beaucaire et Fourques



Brèche, quasi-certaine, avant les travaux entre Tarascon et Arles



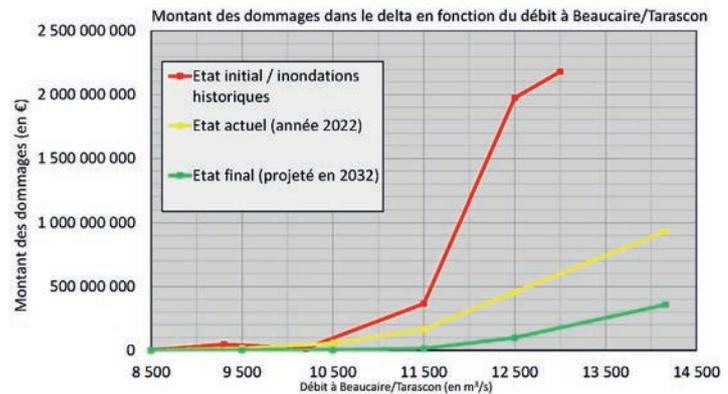
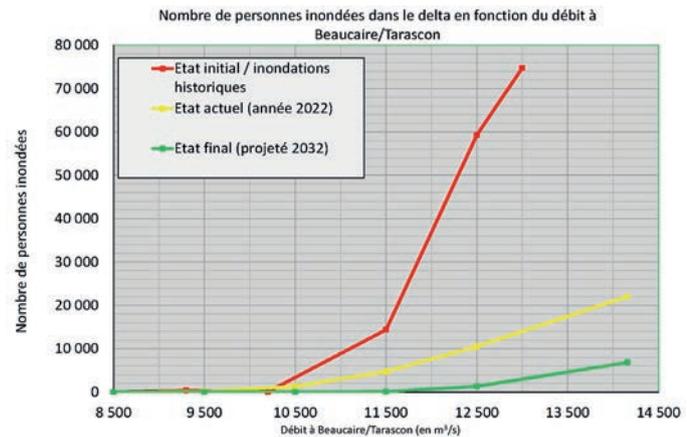
Surverse sans brèche, quasi-certaine, après les travaux entre Tarascon et Arles

## Impacts économique et sociétal

Pour chaque niveau de crue, l'impact sur la sécurité des biens et des personnes est apprécié en termes de réduction de dommages et de personnes inondées. Pour ces dernières, la dangerosité des venues d'eau est également appréciée.

### Illustration du gain :

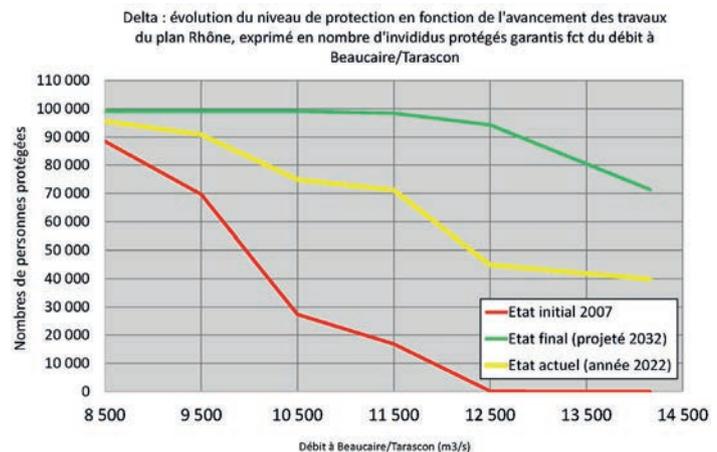
Pour une crue d'un débit de 11 500 m<sup>3</sup>/s, soit l'équivalent de la crue de 2003, le montant des dommages attendus a été divisé par 2, grâce aux travaux réalisés jusqu'à aujourd'hui. Il sera à terme divisé par 25. Le nombre de personnes inondées passerait de 14 375 à 4 765 dans l'état actuel (2022) et sera à terme de 581, dont seulement 107 avec plus de 1 m d'eau.



## Impact sur les niveaux de protection réglementaires

Avant les travaux, une partie de la population n'avait plus la garantie d'être protégée dès que le débit du Rhône dépassait les 7 500 m<sup>3</sup>/s et plus aucune personne n'était protégée à partir d'un débit de 12 500 m<sup>3</sup>/s.

Grâce aux travaux réalisés, 75 % des individus sont protégés jusqu'à une crue de 10 500 m<sup>3</sup>/s et 45 % le sont en cas de crue de 12 500 m<sup>3</sup>/s. A terme, ces taux seront respectivement de 99 % et 95 %.



## Impacts environnementaux

Les travaux menés par le syndicat ont diverses incidences sur le milieu naturel. Pour les minimiser, le Symadrem applique la **méthode réglementaire «Éviter Réduire Compenser» (ERC)**.

Elle vise dans un premier temps à :

- éviter les impacts sur l'environnement ;
- réduire ceux qui n'ont pas pu être évités ;
- compenser les effets qui ne peuvent être ni évités, ni réduits.

Le Symadrem ne se limite pas à ces seules obligations réglementaires et s'inscrit dans une **véritable démarche de valorisation des milieux** en y intégrant la réflexion écologique dès les premières phases de conception des ouvrages.



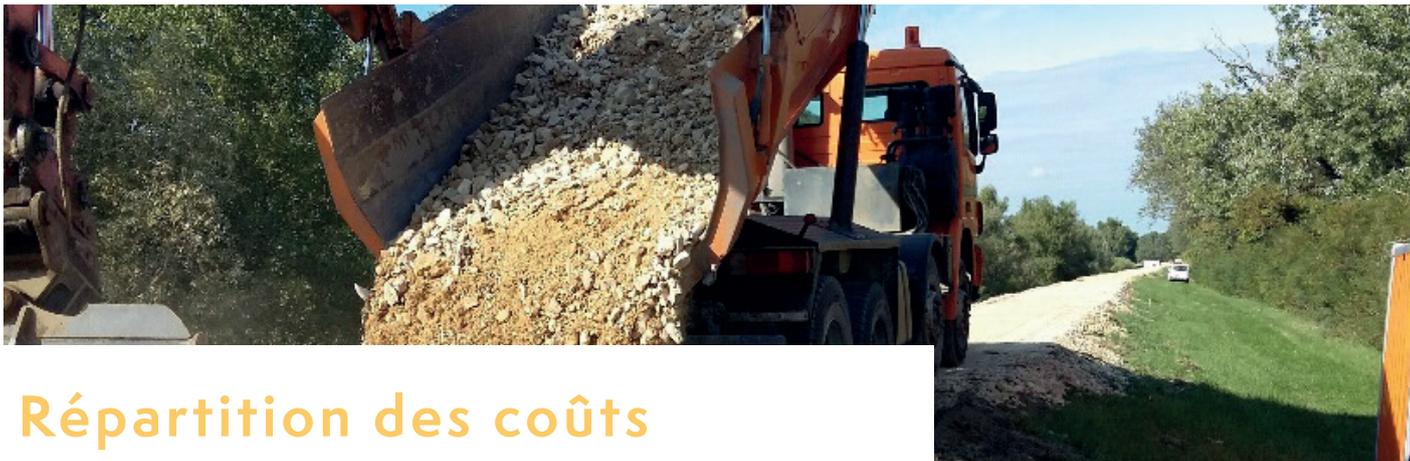
Cistudes d'Europe



Zone humide digue Sud



Intérieur de la lône

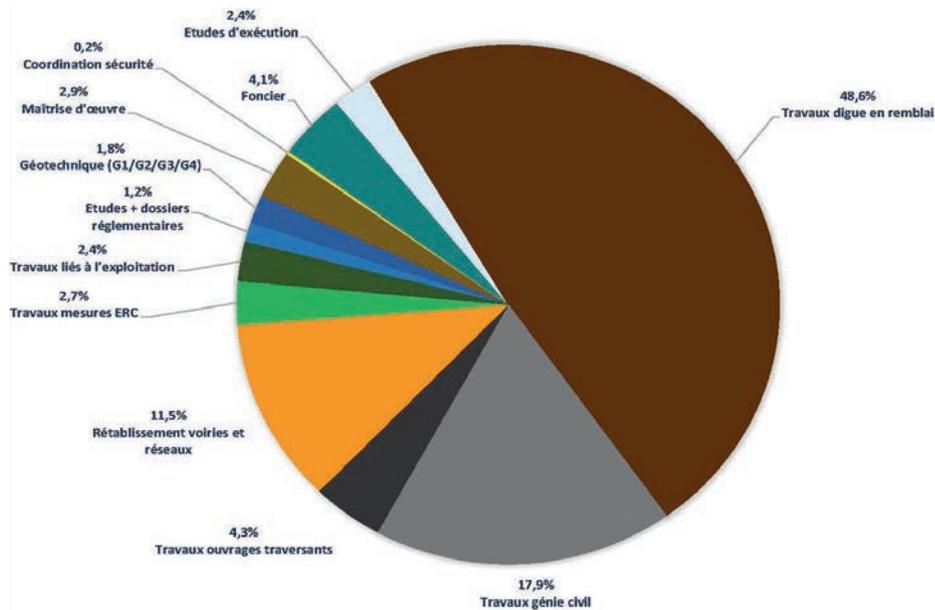


## Répartition des coûts

Aujourd'hui, l'ensemble des ouvrages depuis le Barrage de Vallabrègues jusqu'à l'aval d'Arles a été sécurisé pour un montant de 195 millions d'euros.

La répartition des coûts ci-contre vise à montrer le poids de chaque poste de dépense lors d'une opération d'envergure.

Les coûts liés à la sécurisation du Plan de gestion des ouvrages en période de crue (carrossabilité des digues...) ont été proratisés à la tranche des opérations décrites dans ce document, à savoir entre Beaucaire/Tarascon et Arles. Ils ont été évalués à 20% du coût total de l'opération de sécurisation.



Dévoisement de réseaux



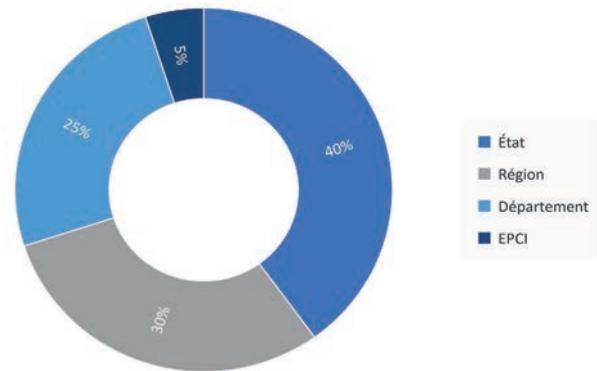
Travaux ouvrages traversants



# Financement

programme de sécurisation est issu à 100 % de subventions publiques.

Il est contractualisé dans les contrats de plans interrégionaux État-régions.



Répartition du financement

## Principaux financeurs



## Financement ponctuel





Conception - réalisation : SYMADREM - Avril 2022

Crédits photos : SYMADREM - Balbus - BLOT - Mairie d'Arles, Daniel Bounias - Drone Sud-Est - FRTP 13 - GUINTOLI  
- Jean-Luc MASSON - Mairie de Tarascon, service environnement - Naturalia environnement - Paul Royet - Photo-aérienne-france.fr - Saphyre gyrocoptère - SDIS 13 - SIDR





1182 chemin de Fourchon - VC 33  
13200 ARLES  
04 90 49 98 07  
[www.symadrem.fr](http://www.symadrem.fr)