



Accidentologie dans le delta du Rhône (1840-2025) et analyse de risques

Thibaut MALLET – Directeur général du SYMADREM



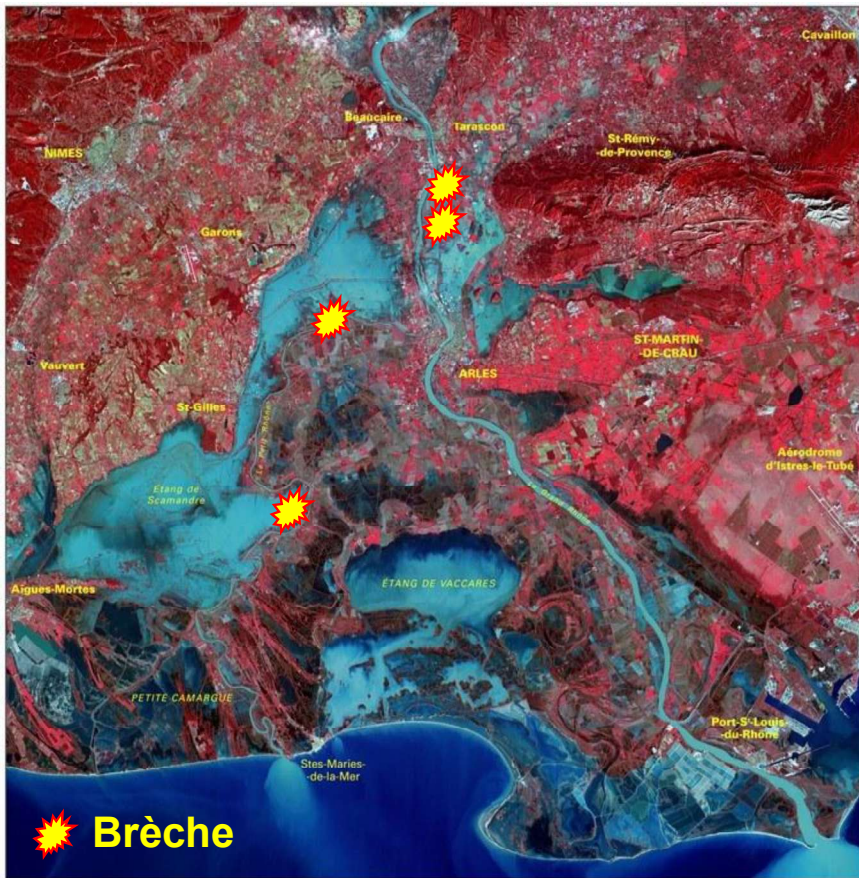
Syndicat Mixte Interrégional
d'Aménagement

SYMADREM

des Dignes du Delta
du Rhône et de la Mer

Inondation de décembre 2003

$Q = 11500 \text{ m}^3/\text{s} \pm 5 \% (T \cong 80 \text{ ans})$



Etendue des inondations sur la basse vallée du Rhône et la Camargue
Image acquise par le satellite Spot 4 le 7 décembre 2003 - 20 m de résolution

SPOT
IMAGE



© SYMADREM



© SDIS 13

4 brèches et volume d'eau déversé : 230 millions de m³

12 000 personnes inondées / 0 décès

Montant des dommages : 540 à 700 millions d'euros



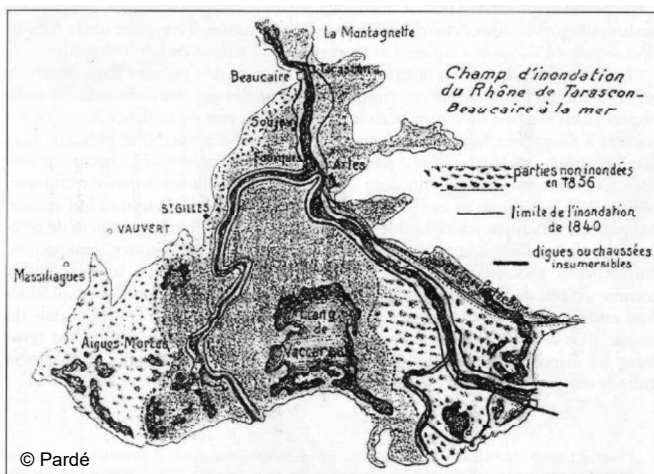
© J. Roche



© Ville Arles

Un territoire plusieurs fois meurtri par les inondations du Rhône

1840, 1841, 1843, 1856..... 1993, 1994, 2002, 2003.....



Novembre 1840

13 000 m³/s T = 300 ans
18 brèches (surverse)
2,8 milliards de m³ d'eau déversé
75 000 personnes (cond. actuelles)

Mai 1856

12 500 m³/s T = 200 ans
9 brèches (érosion interne)
1,8 milliards de m³ d'eau déversé
60 000 personnes (cond. actuelles)

6,5 m NGF (1840)
3,5 m NGF (2003)



© SYMADREM

7,9 m NGF
(1840)



© SYMADREM



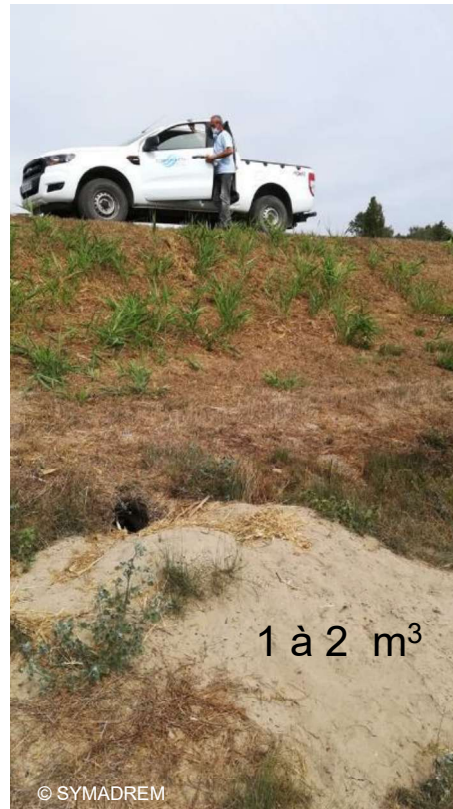
Pourquoi nos digues cassent en crue ?



Sollicitation du fleuve > résistance des matériaux de la digue

L'érosion de conduit est la principale, voire l'unique cause (1/2) des brèches récentes

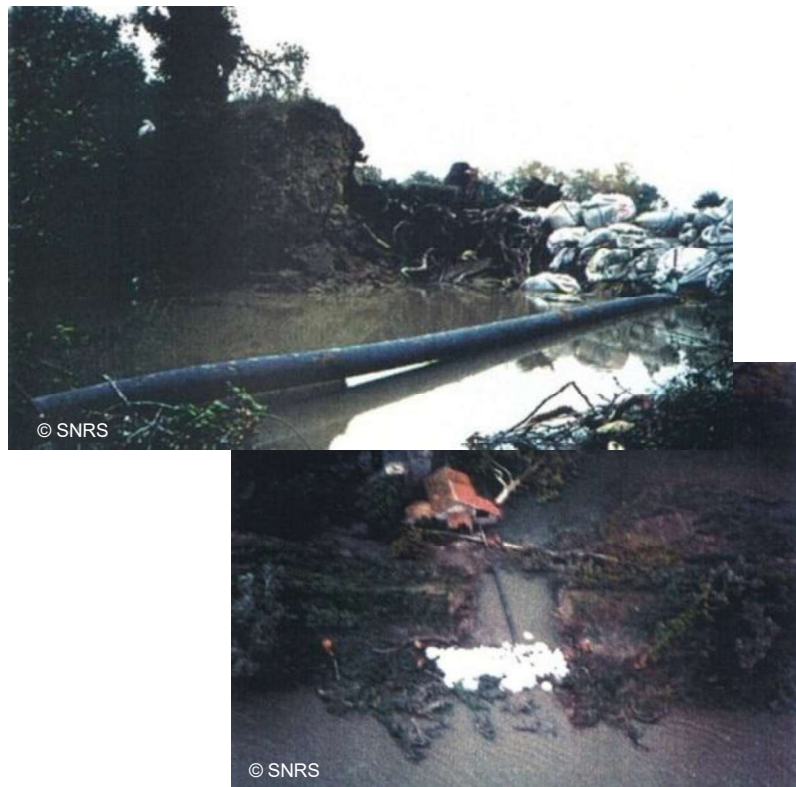
Dans 80 % des cas, le conduit a été créé par des blaireaux



1 à 2 m³
= 15 à 30 mètres linéaires de conduit
pour un diamètre de 30 cm

L'érosion de conduit est la principale, voire l'unique cause (2/2) des brèches récentes

Dans les autres 20 %, le conduit est le long des ouvrages traversants



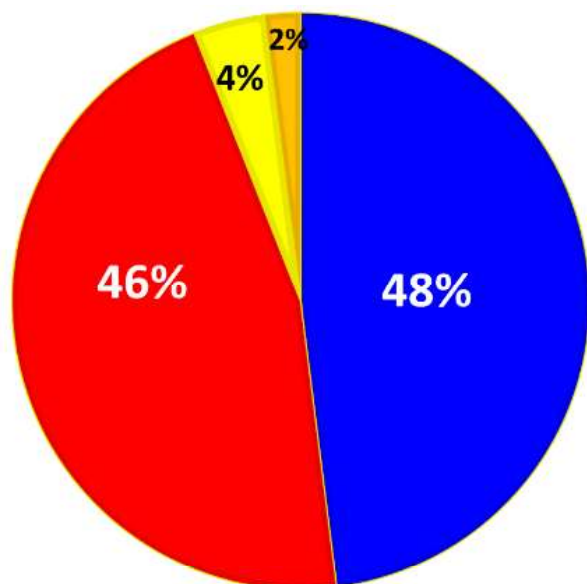
Casebrune & La Galante 1993



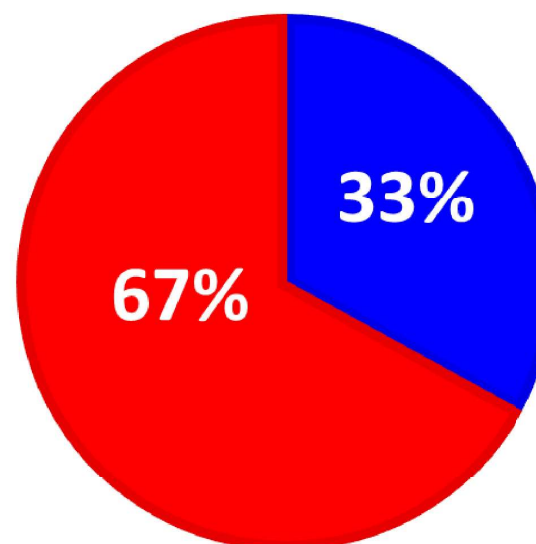
Cabannes du Vaccarès
2013 & 2014

Bilan par initiateur de rupture (1840-2016)

Barrages en remblai
dans le monde
(source CIGB)



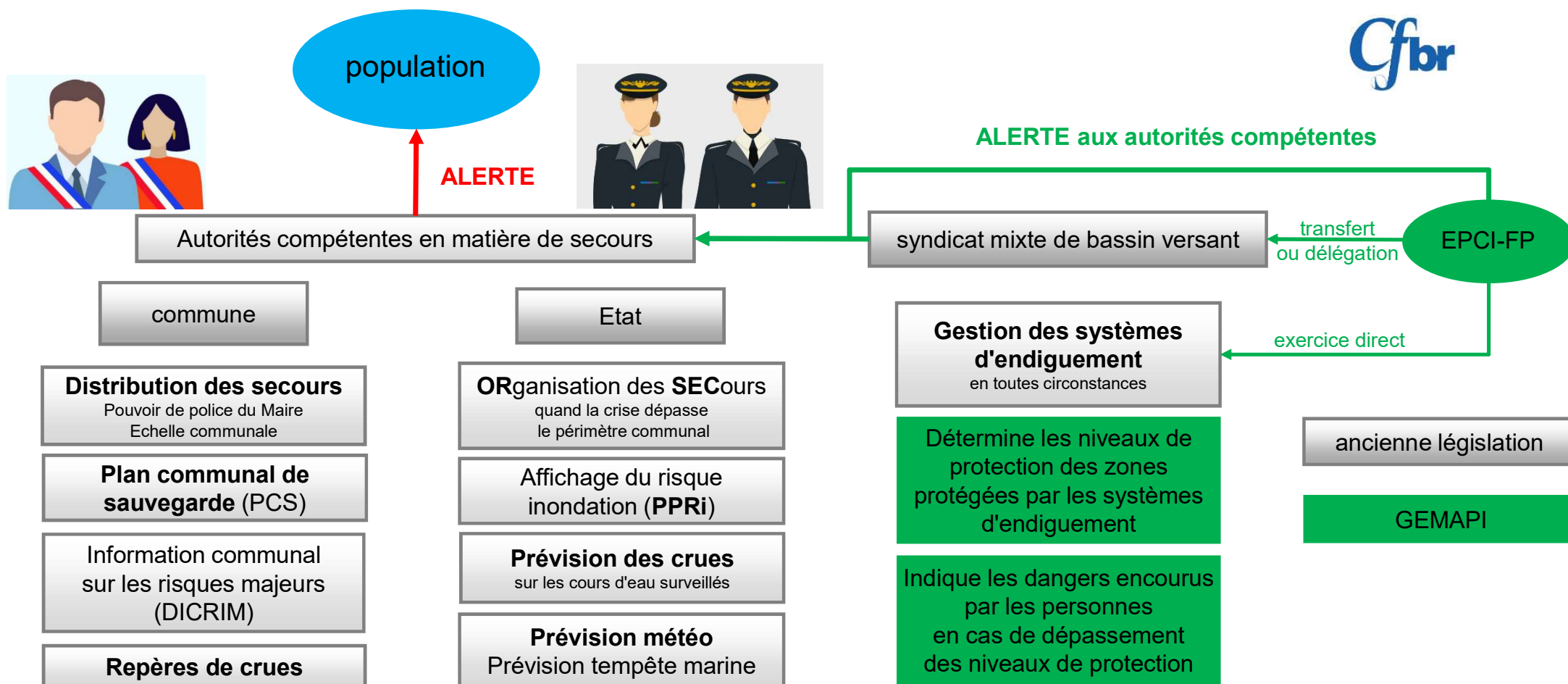
Digues du SYMADREM
(57 brèches analysées)



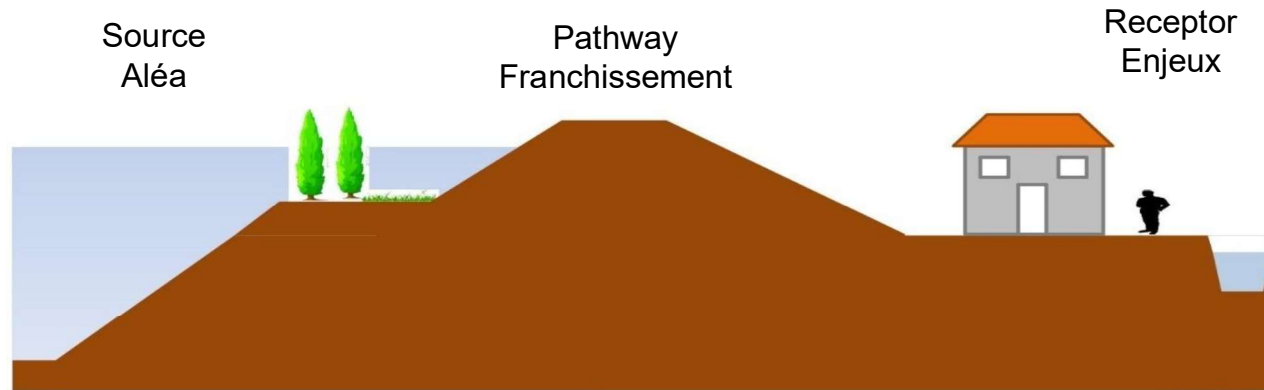
■ Surverse ■ Erosion interne ■ Affouillement
■ Instabilité statique ■ Instabilité sismique

Gestion de crise inondation et GEMAPI

Maintien du pouvoir de police du Maire et du Préfet



Etude de dangers (réglementation 2017)



Scénario n°1 : fonctionnement nominal pour déterminer le(s) niveau(x) de protection ZP

Quel niveau du cours d'eau ?

Probabilité brèche $\leq 5 \%$

Garantie pied sec

Niveau de sûreté

Scénario n°2 : défaillance fonctionnelle (non abordé dans le document)

Niveau d'eau = Niveau de protection

Rupture vanne, batardeau

Venues d'eau $\pm$ dangereuses

Scénario n°3 : défaillance structurelle pour les services en charge des secours

Quel niveau du cours d'eau ?

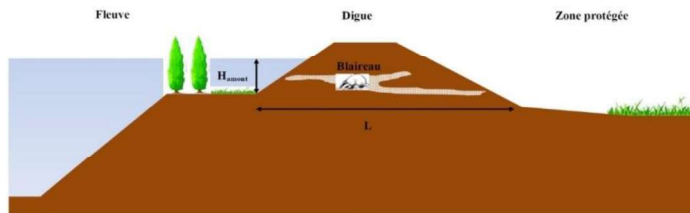
Probabilité brèche $\geq 50 \%$

Venues d'eau $\pm$ dangereuses

Niveau de danger

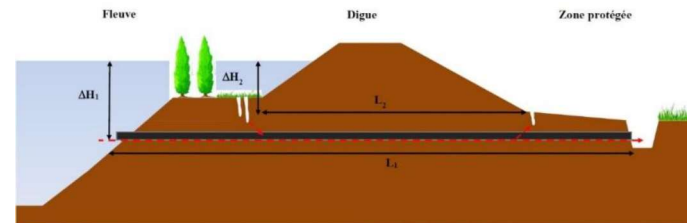
Chemins d'érosion : 11 scénarios de brèche étudiés

4 scénarios de brèche par érosion de conduit



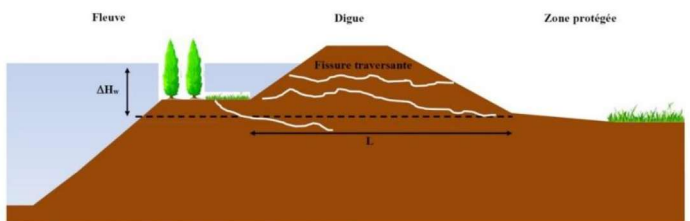
© SYMADREM

dans un terrier de fousseurs ($\varnothing$ 15 à 30 cm)

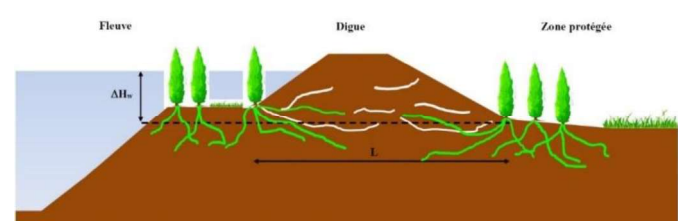


© SNRS

le long d'un ouvrage traversant ($\varnothing$ 0,5 à 3 cm)



Dans une fissure liée à la dessiccation ou le long d'une transition insuffisamment traitée ($\varnothing$ 0,5 à 1 cm)

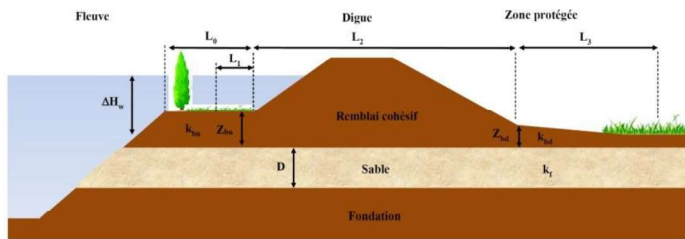


© SYMADREM

Dans une racine d'arbres morts ($\varnothing$ 1 à 2 cm)

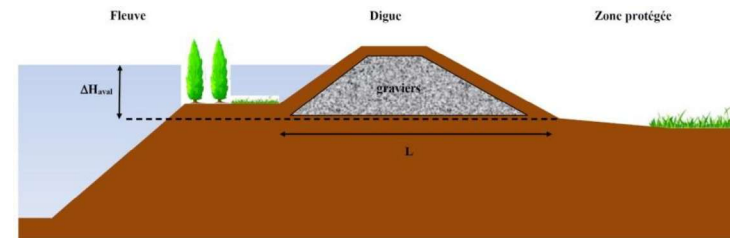
Chemins d'érosion

3 autres scénarios de brèche par érosion interne



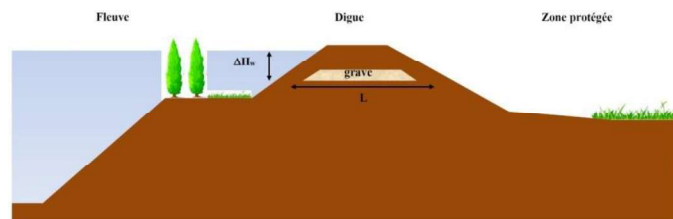
© SYMADREM

Erosion régressive d'une couche de sable



© SNRS

Erosion de contact le long d'une couche très perméable (ex. ancienne réparation d'urgence)



© BRLi

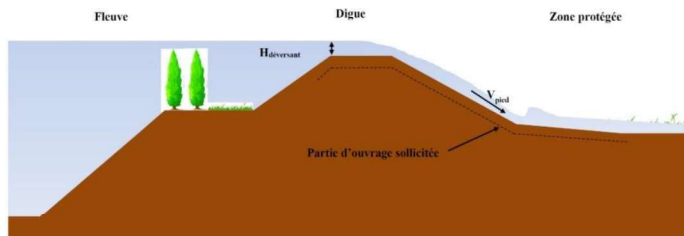


© SYMADREM

Suffusion d'une couche englobée de grave limoneuse/sableuse (ex. tout venant, couche de chaussée)

Chemins d'érosion

3 scénarios de brèche par érosion externe



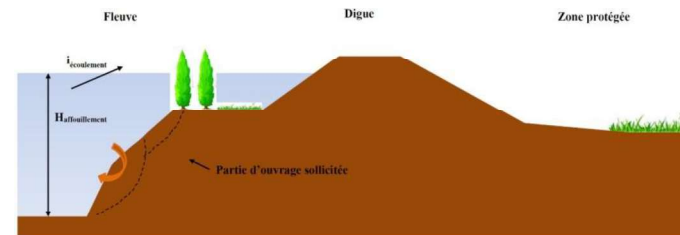
© Saintes-Maries-de-la-Mer

Surverse



© SYMADREM

Batillage lié au vent



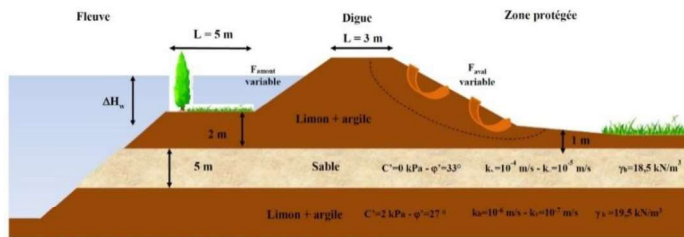
© SYMADREM

Affouillement

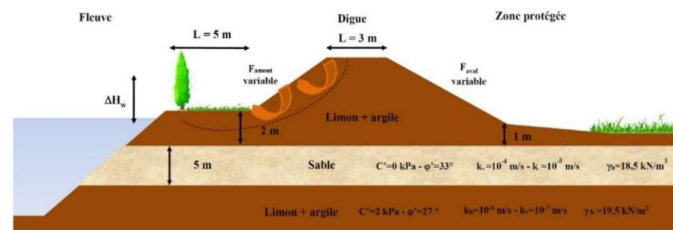
+ scénarios relatifs au glissement

Sollicitations mécaniques

2 scénarios de brèche par glissement



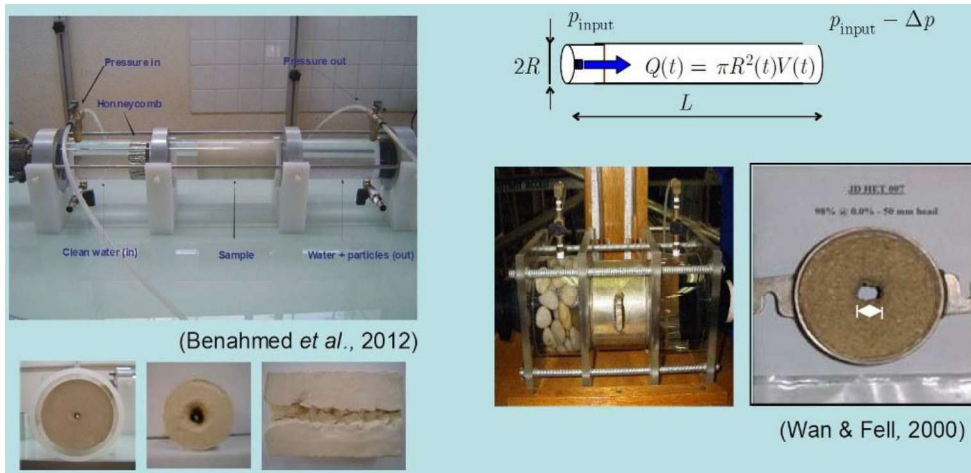
Glissement du talus aval



Glissement du talus amont

Quantification de la résistance et la sollicitation

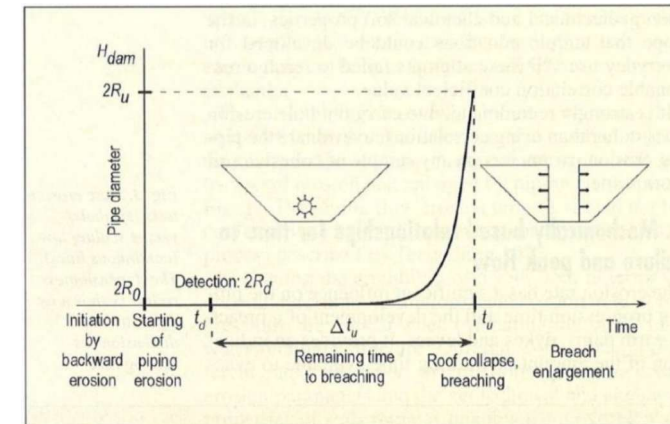
Exemple de l'érosion de conduit



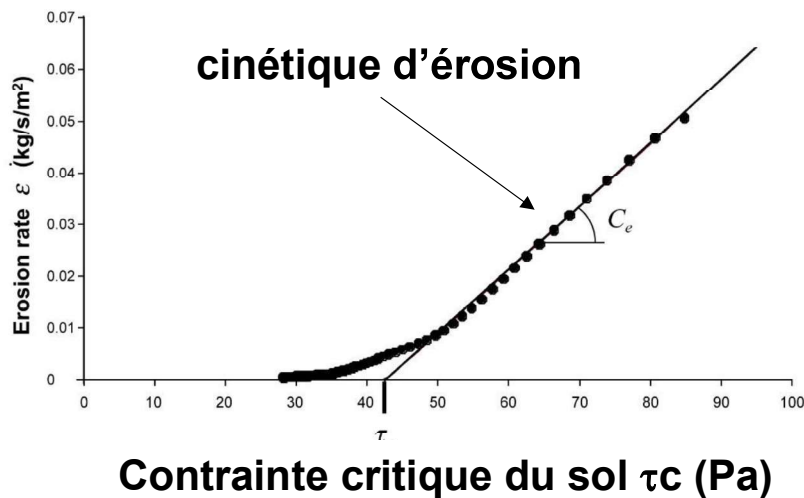
Initiation de l'érosion si $\tau > \tau_c$

$$\tau = \frac{1}{2} \cdot R \cdot \alpha \cdot \rho_w \cdot g \cdot i$$

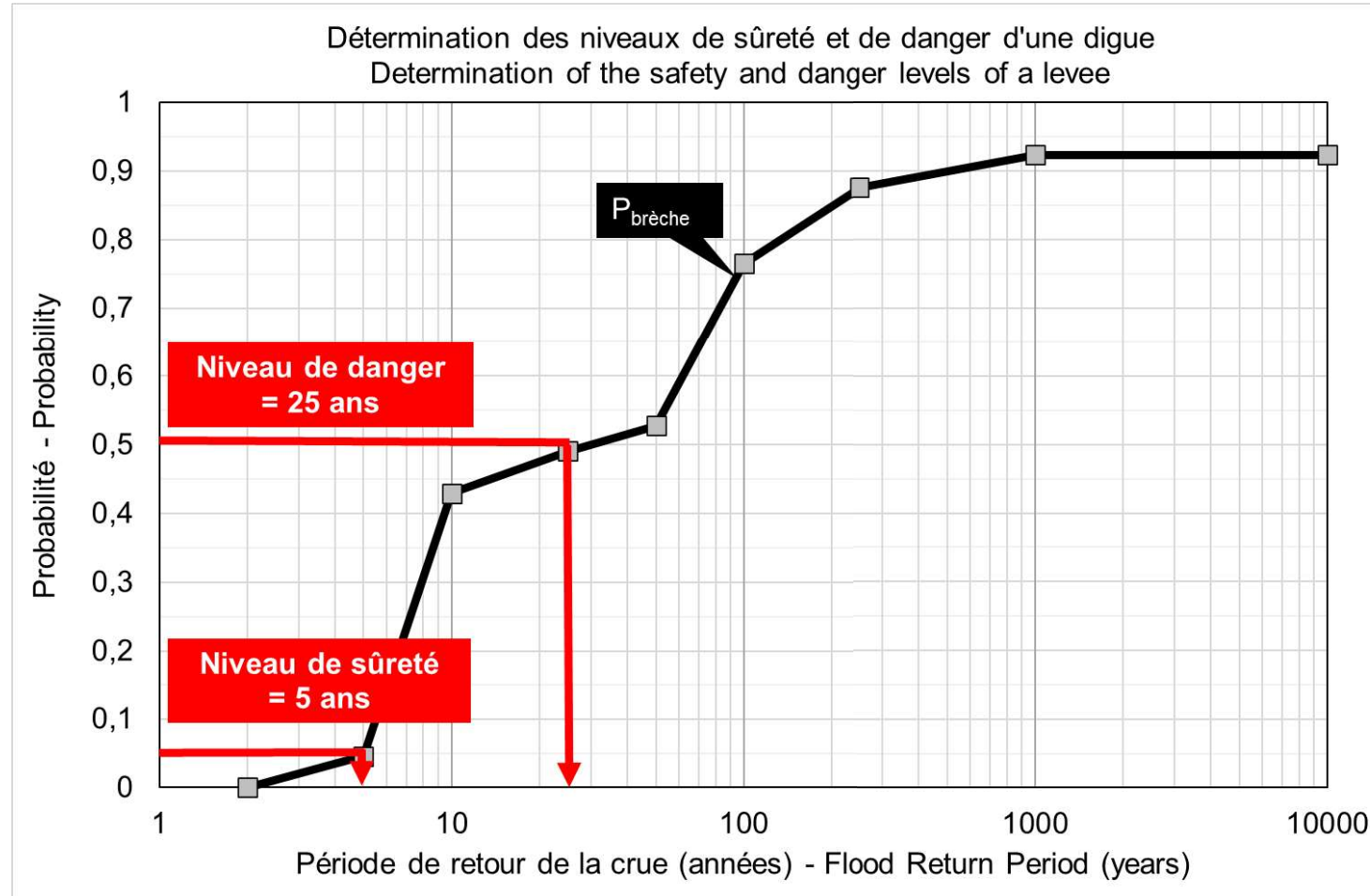
$$\Delta t_u \approx \frac{2\rho_d}{C_e \alpha \rho_w g i} \ln \left(\frac{R_u}{R_d} \right)$$



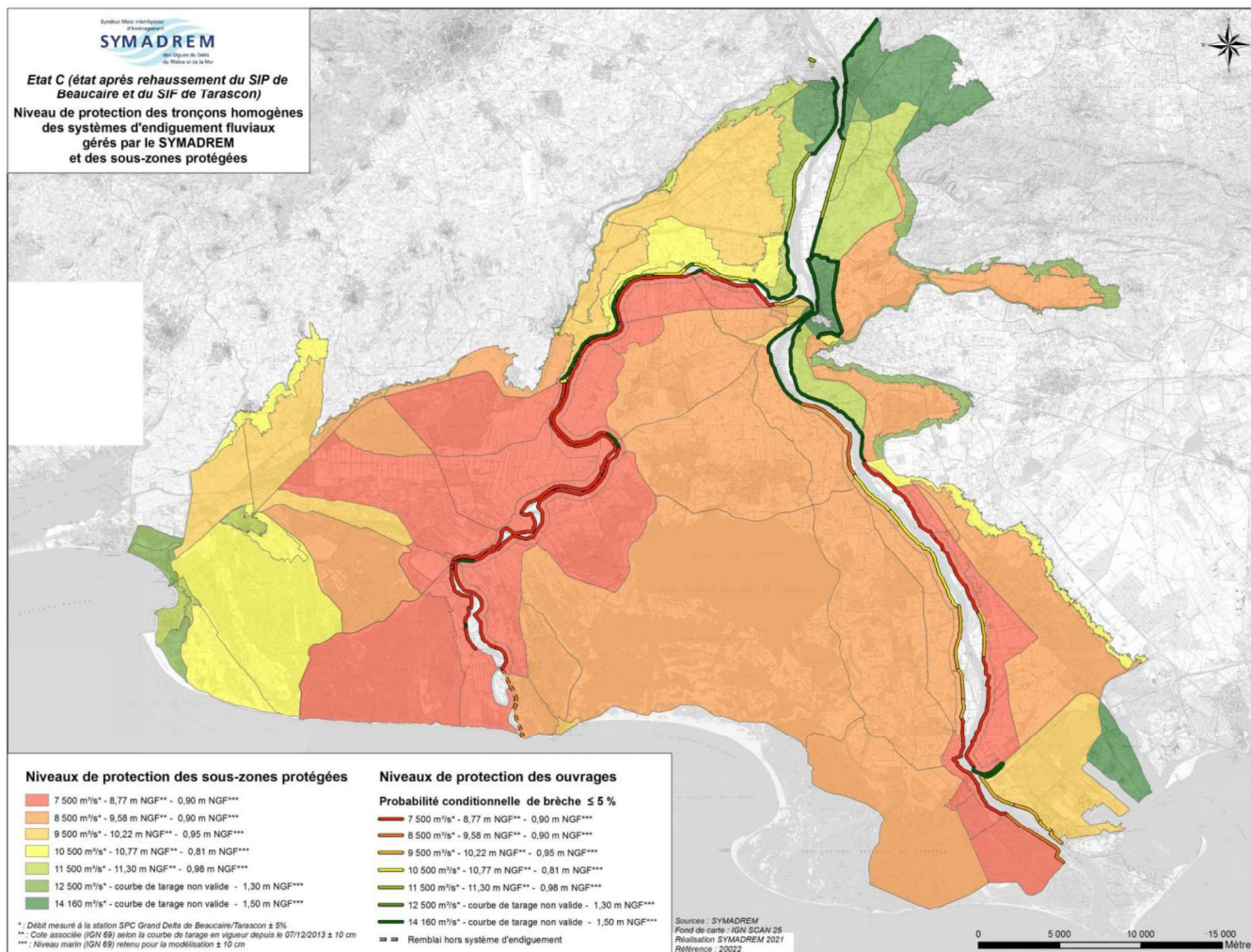
Temps de rupture entre
détection et brèche



Courbes de fragilité et niveaux caractéristiques



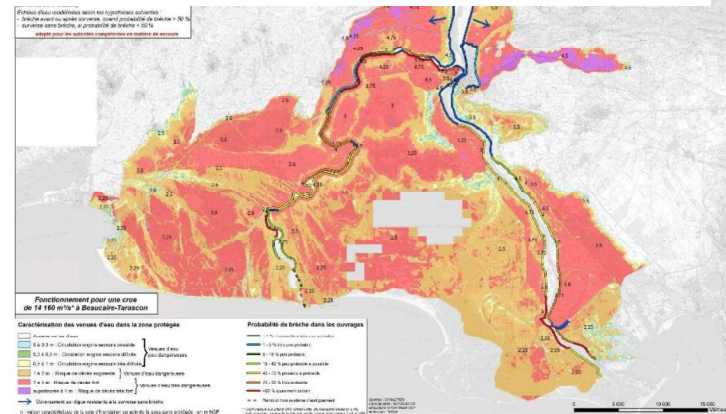
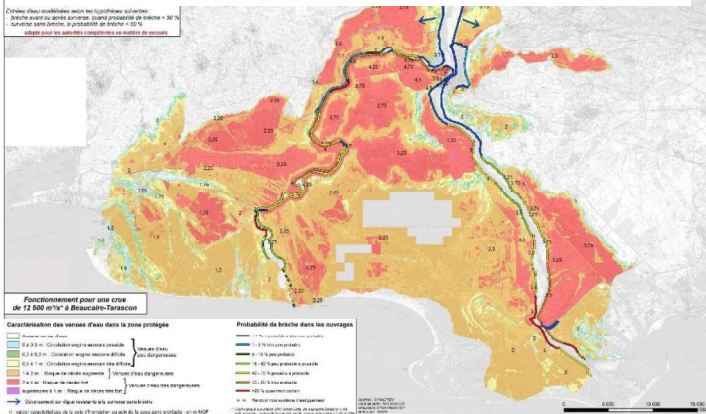
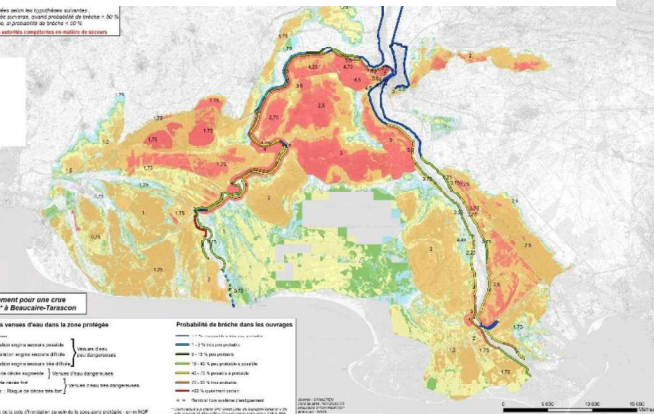
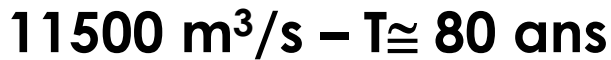
Niveaux de protection garantis dans la zone protégée avec une confiance à 95 %



Niveaux de protection des sous-zones protégées

- 7 500 m³/s* - 8,77 m NGF** - 0,90 m NGF***
- 8 500 m³/s* - 9,58 m NGF** - 0,90 m NGF***
- 9 500 m³/s* - 10,22 m NGF** - 0,95 m NGF***
- 10 500 m³/s* - 10,77 m NGF** - 0,81 m NGF***
- 11 500 m³/s* - 11,30 m NGF** - 0,98 m NGF***
- 12 500 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,30 m NGF***
- 14 160 m³/s* - courbe de tarage non valide - 1,50 m NGF***

* : Débit mesuré à la station SPC Grand Delta de Beaucaire/Tarascon ± 5%
** : Cote associée (IGN 69) selon la courbe de tarage en vigueur depuis le 07/12/2013 ± 10 cm
*** : Niveau marin (IGN 69) retenu pour la modélisation ± 10 cm





© SYMADREM

Merci de votre attention

