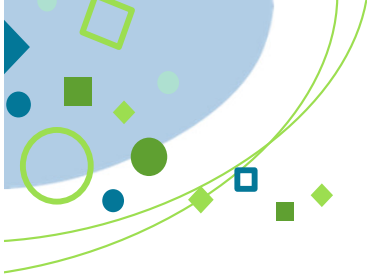


Etablissement des cartes d'aléa inondation sur le
secteur Loire amont
Révision des PPRI
DDT 49
Copil révision PPRI



Antea Group
8 bd Albert EINSTEIN
44 300 NANTES
Tél. : +33 (0)2 28 01 32 32
www.anteagroup.fr

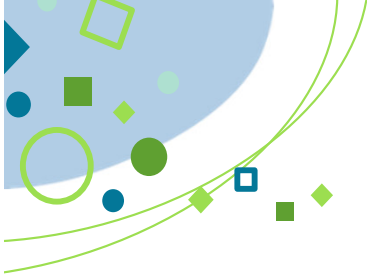


Sommaire

- Méthodologie générale et avancement
- Lignes d'eau retenues
- Zones protégées par des digues et scénarii de brèches
- Synthèse de construction de l'aléa
- Présentation des cartographies
- Impact de la révision du PPRI



Méthodologie / Avancement

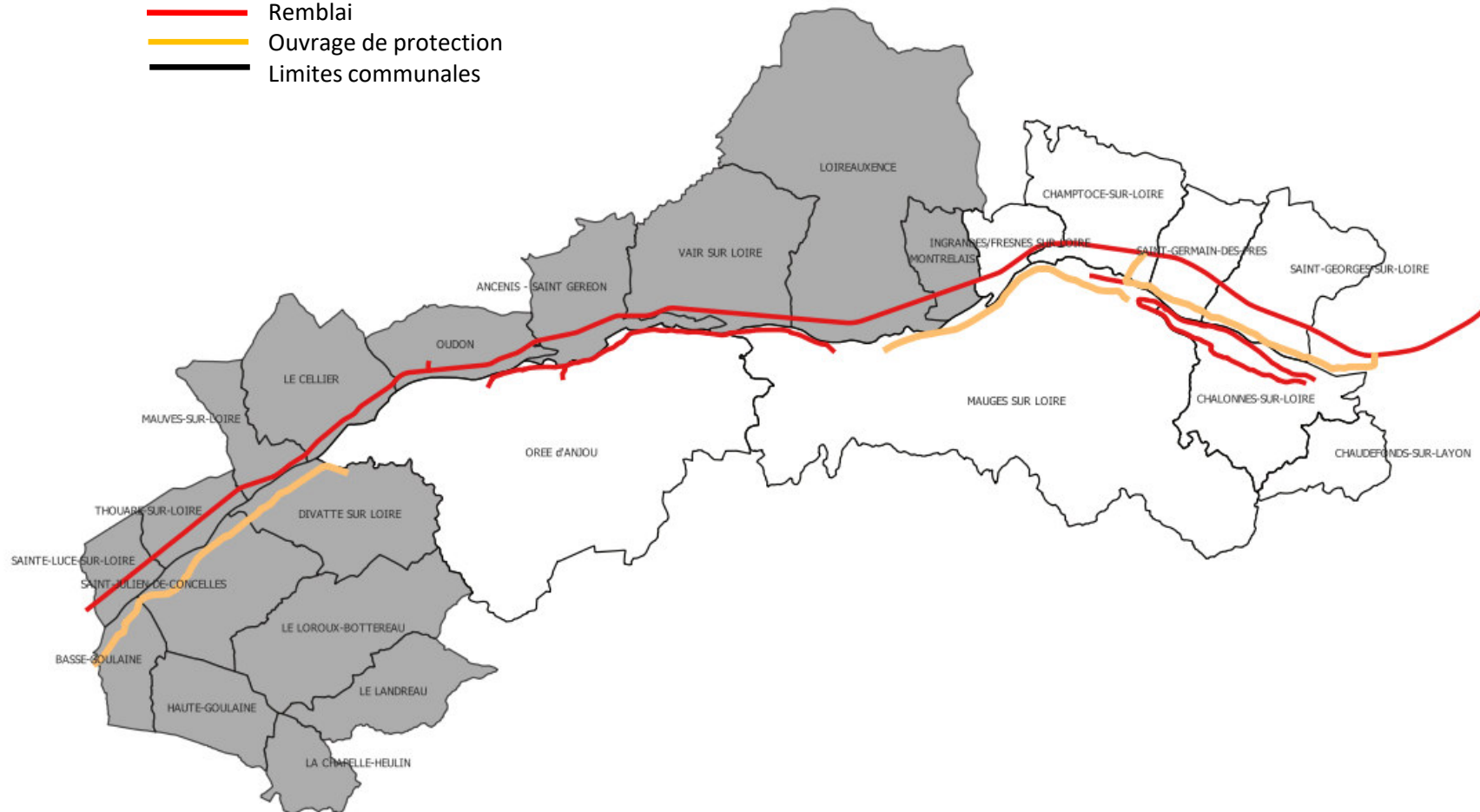


Territoire d'étude

- Etude sur l'ensemble de la Loire entre Angers et Nantes



- Remblai
- Ouvrage de protection
- Limites communales



Construction de l'aléa

- Le décret sur la construction de l'aléa (2019) impose la prise en compte du caractère non infallible des digues et les matrices suivantes de croisement suivantes :

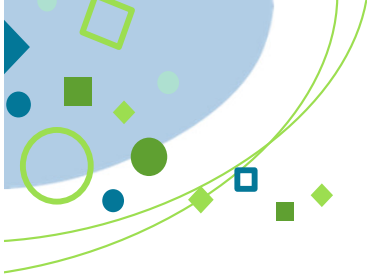
Dynamique de submersion Hauteur d'eau	Lente	Moyenne	Rapide
	$0 < H < 0.5 \text{ m}$	Faible	Modéré
$0.5 < H < 1 \text{ m}$	Modéré	Modéré	Fort
$1 < H < 2 \text{ m}$	Fort	Fort	Très Fort
$H > 2 \text{ m}$	Très Fort	Très Fort	Très Fort

Vitesse de montée des eaux Vitesse d'écoulement	$V_m < 1 \text{ m/h}$	$V_m > 1 \text{ m/h}$
	$V_e < 0.2 \text{ m/s}$	Lente
$0.2 < V_e < 0.5 \text{ m/s}$	Moyenne	Rapide
$V_e > 0.5 \text{ m/s}$	Rapide	Rapide

- Cette méthodologie impose deux étapes préalables au calcul des aléas :
 - ✓ L'analyse des lignes d'eau sur la Loire
 - ✓ L'analyse des systèmes d'endiguements classés

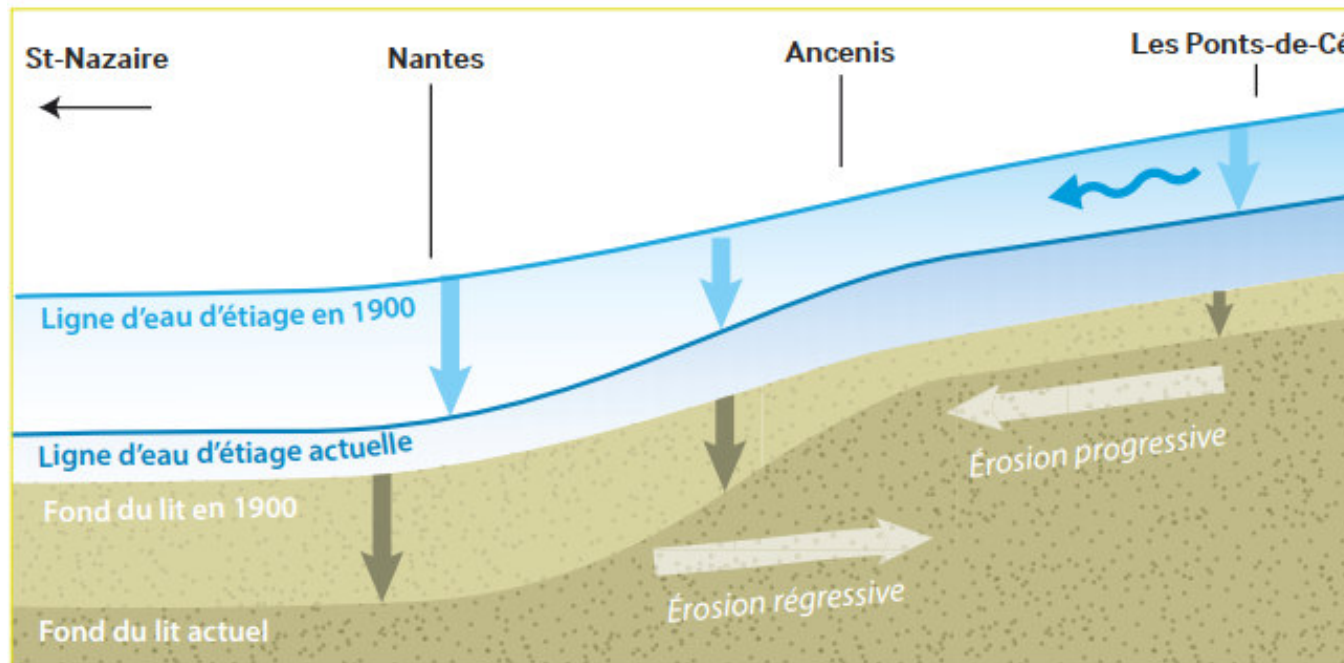


Lignes d'eau retenues



Lignes d'eau retenues

- Actuellement la crue centennale de référence c'est la crue de 1910 (sur toute la Loire aval)
- Mais depuis 1910, le lit a changé → abaissement des niveaux d'eau en crue
→ remontée de l'influence maritime



- Des études déjà réalisées pour connaître les niveaux actuels en crue : modèle Moïse, modèle hydrariv du GIP Loire estuaire



Lignes d'eau disponibles

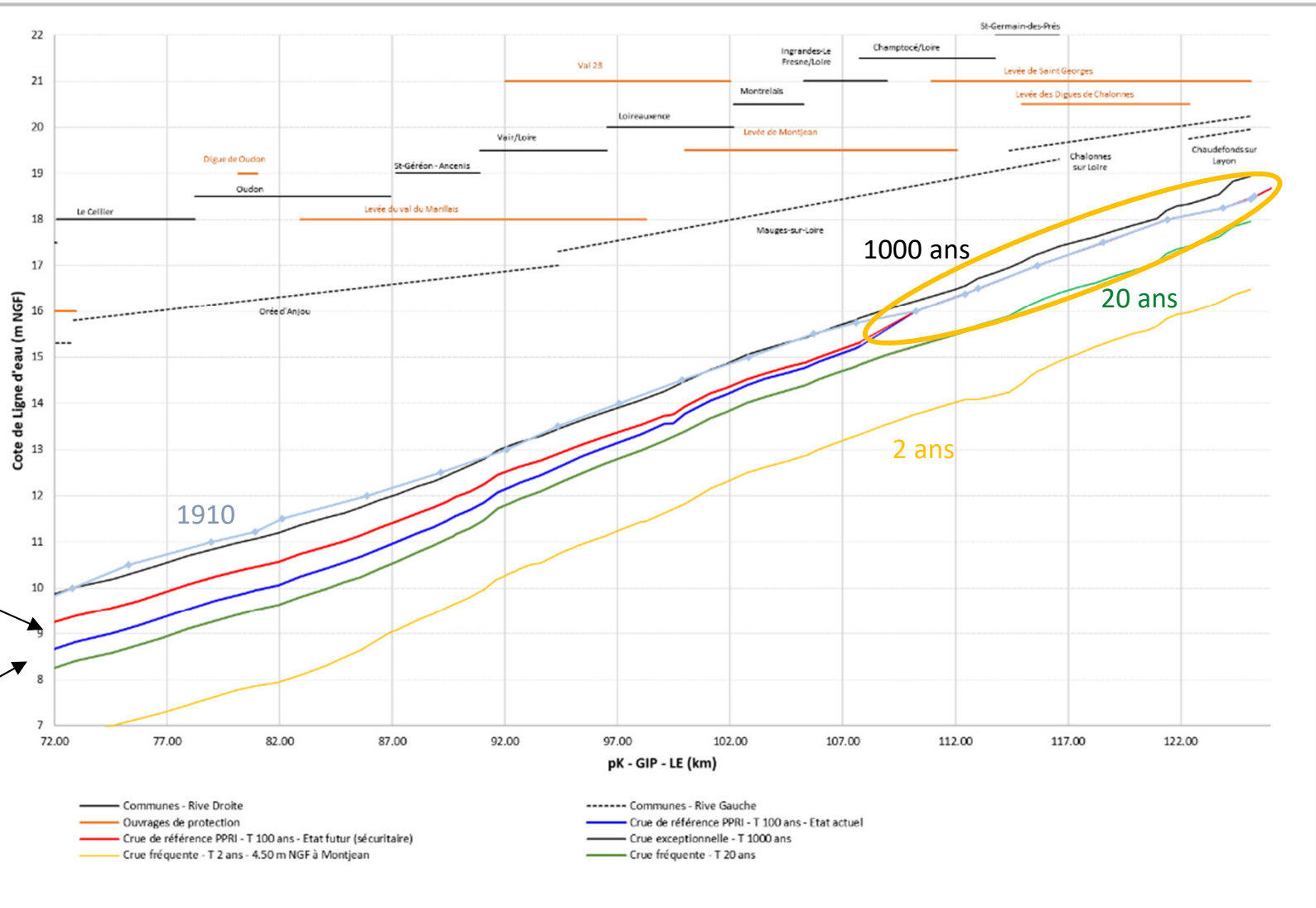
- Analyse des différentes modélisations déjà réalisées sur la Loire entre Nantes et Angers :
 - ✓ Modèle hydrariv (2008-2010) développé pour le GIP Loire estuaire. Modèle utilisé pour un grand nombre de configuration de débit/marée/surcote. Il couvre l'aval de Montjean
 - ✓ Modèle Moise du BCEOM (2006). Il couvre l'amont de Montjean
 - ✓ Couplage Moise/hydrariv du SPC Maine-Loire aval. Modèle global avec des hypothèses simples : 1 débit /3 marée.
- → objectif : extraire 4 lignes d'eau de ces modèles :
 - ✓ Crue période de retour de 20 ans
 - ✓ Crue de période de retour de 100 ans en état actuel
 - ✓ Crue de période de retour de 100 ans en état futur : prise en compte de l'élévation du niveau marin et du lit de la Loire → **aléa retenu pour le PPRI**
 - ✓ Crue de période de retour de 1000 ans



Lignes d'eau retenues

- En aval de Montjean il a été retenu les lignes d'eau du GIP Loire-Estuaire (modèle Hydrariv) car :
 - Elles permettent d'obtenir le maximum de plusieurs combinaison de sollicitations
 - Elles ont été utilisées pour le PPRI de Nantes
 - Elles intègrent une situation future
= -0.8 m en crue centennale (état futur) par rapport à 1910 à l'aval d'Orée-d'Anjou
 - Elles ont été reprises pour tous les événements (fréquent, rare et extrême)
- En amont de Montjean il a été utilisé
 - La ligne d'eau de 1910 pour la crue centennale
 - Les données du SPC MLA pour les autres crues

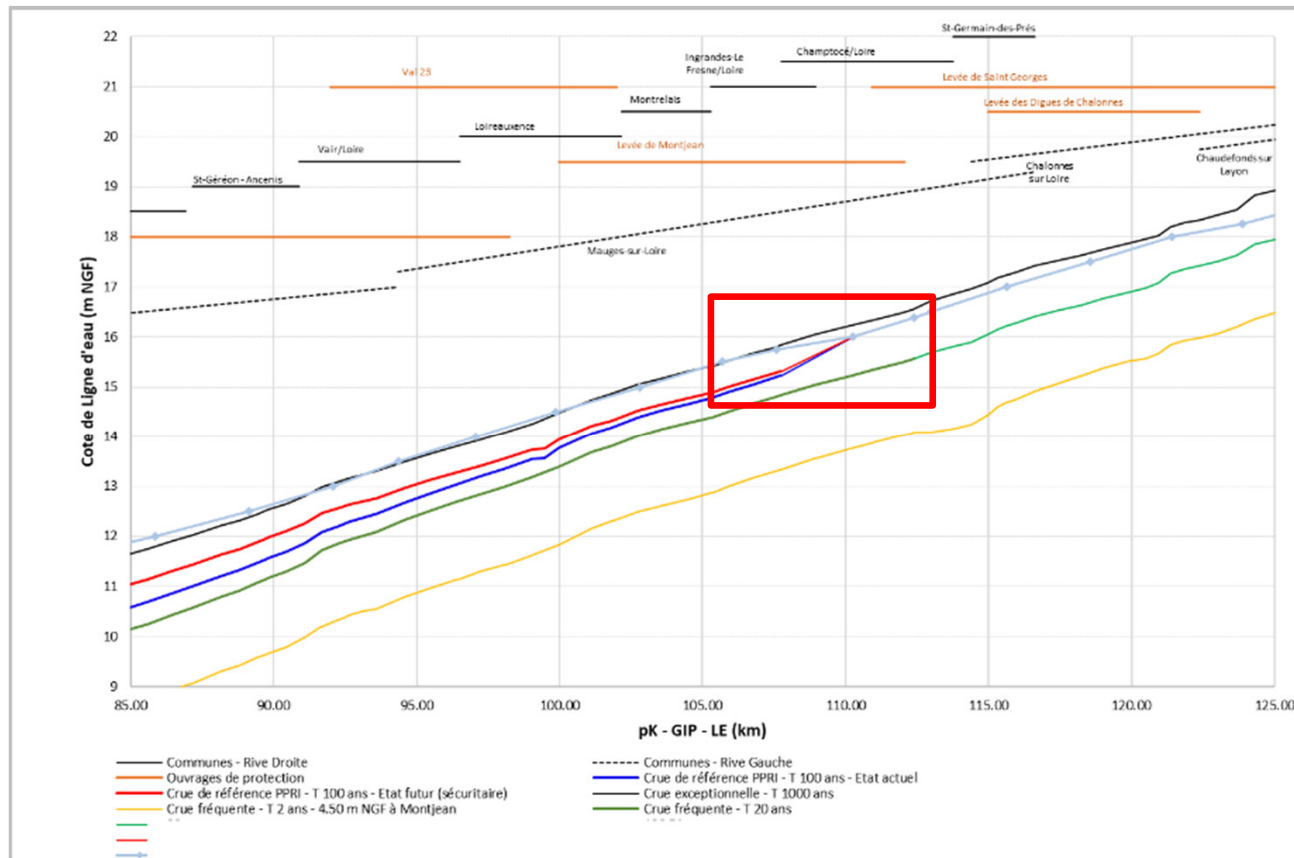
Lignes d'eau retenues



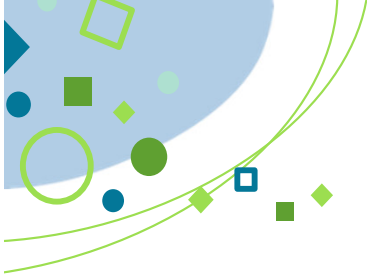
Ligne d'eau retenue
(100 ans futur)

100 ans actuel

Lignes d'eau retenues



- Problème de raccordement au droit de Montjean du fait du choix de retenir la crue de 1910 en amont de Montjean
- Choix d'un raccordement court au droit de Montjean dans une zone sans enjeux



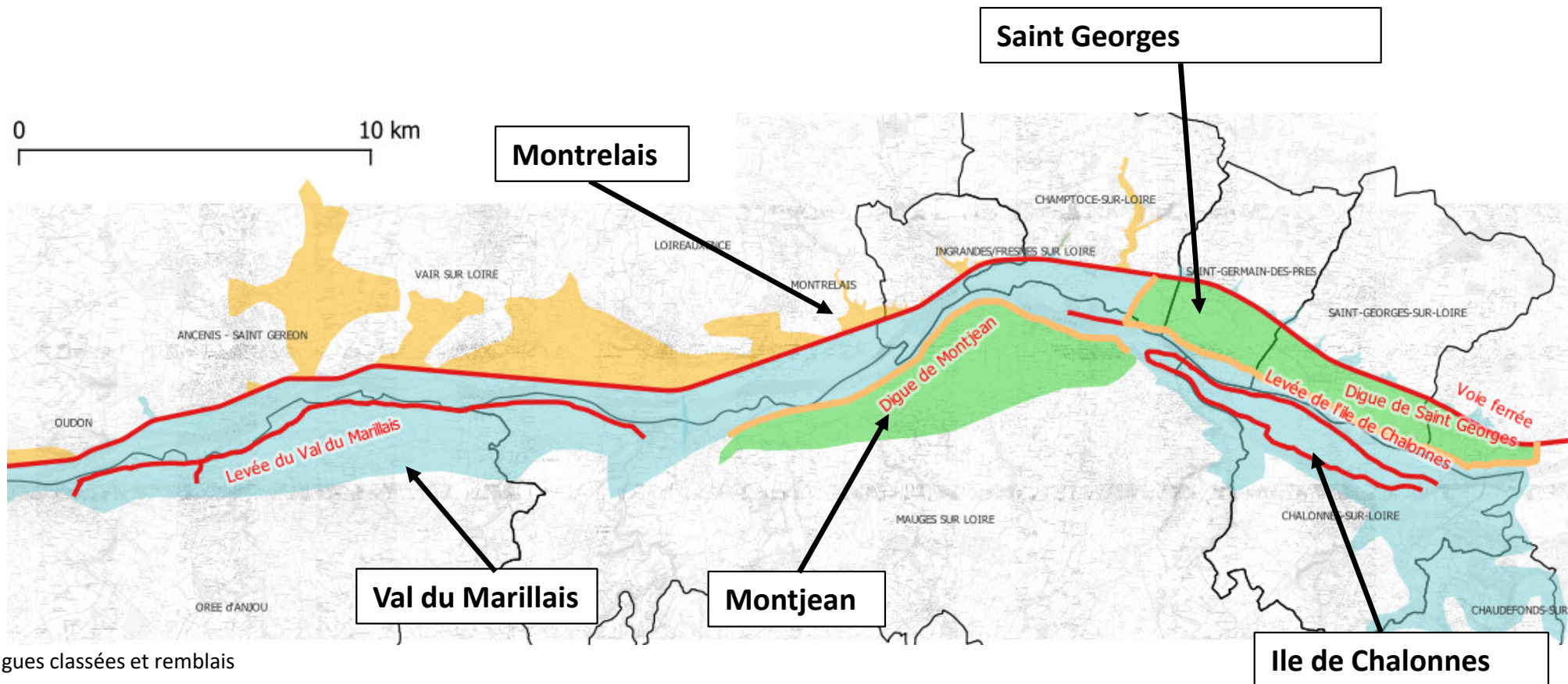
Zone protégée par des digues et scénarii de brèches



Cas particulier des « ouvrages »

- Le décret aléa impose de prendre en compte les cas de défaillance des digues classées
- Nécessité de caractériser les conditions d'écoulement en cas de brèches :
 - ✓ Analyse du rôle des remblais
 - ✓ Mise en place des modèles sur les systèmes classés et secteurs en charge avec enjeux
 - ✓ Analyse des risques de brèches

Analyse des ouvrages (pour la crue centennale)

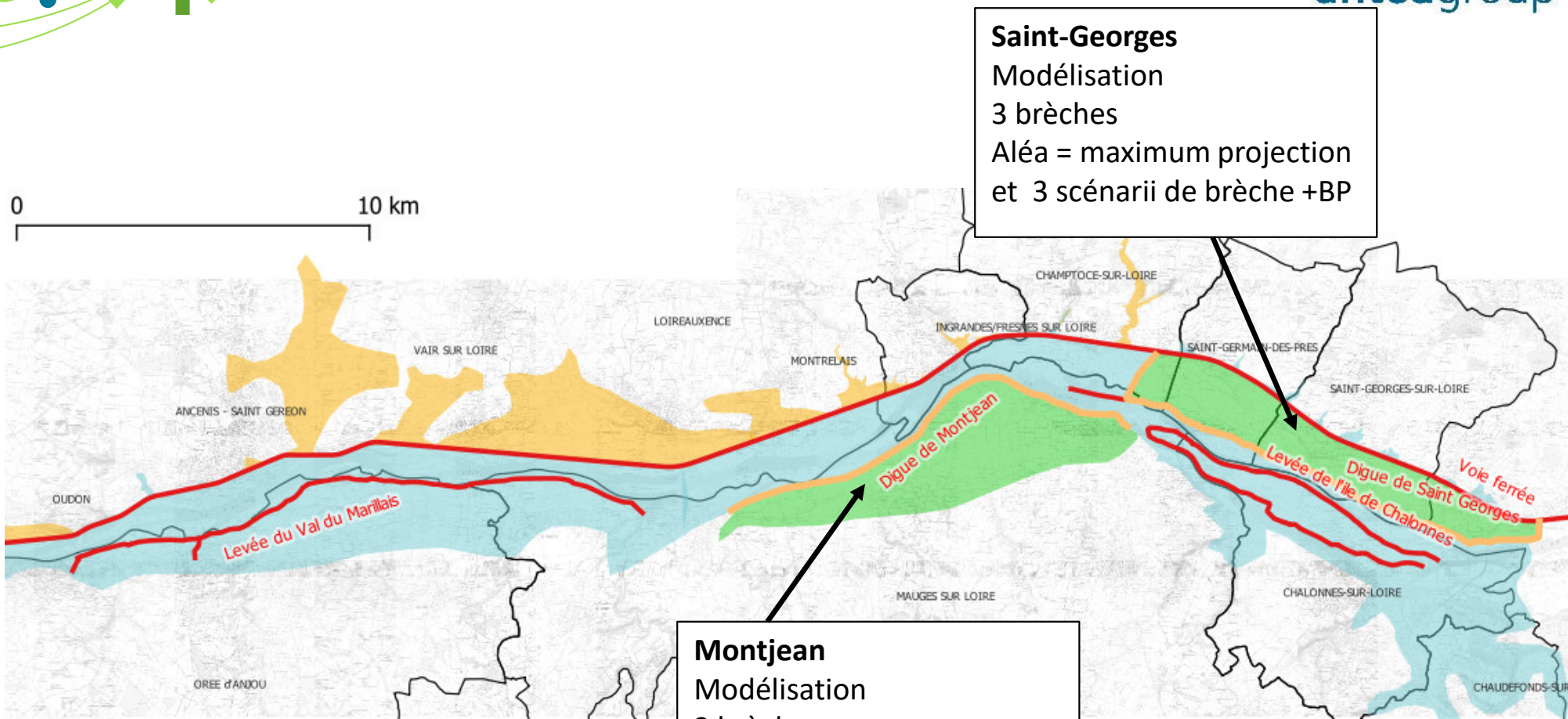


Digues classées et remblais

3 situations possibles

- Les digues sont surversées (donc inopérantes) pour la crue centennale :
 - ✓ Cas du val du Marillais et de l'Île de Chalennes
 - Aléa par projection de la ligne d'eau (crue lente)
- Les remblais sont partiellement transparentes ou non classées :
 - ✓ Cas des vals au Nord de la voie SCNF (Montrelais par exemple)
 - Aléa par projection de la ligne d'eau (crue lente)
- L'ouvrage est classé comme système d'endiguement avec un niveau de protection (NP) < 100 ans : **Risque significatif (> 5%) de rupture pour la crue de référence**
 - ✓ Ruine généralisé → Aléa par projection de la ligne d'eau (crue lente)
 - ✓ Défaillance ponctuelle → Aléa par simulation hydraulique de brèches (facteur aggravant)
 - ✓ + bande précaution en pied de digue (aléa très fort)

Détermination des aléas



Saint-Georges
Modélisation
3 brèches
Aléa = maximum projection
et 3 scénarii de brèche +BP

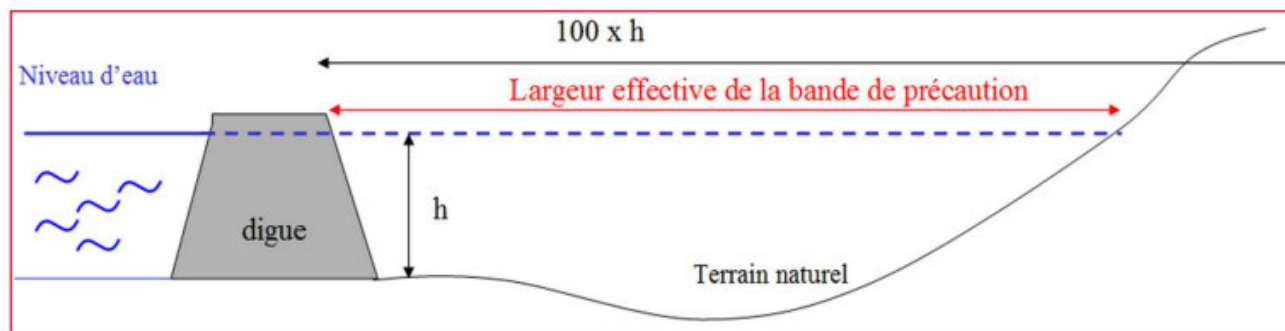
Montjean
Modélisation
2 brèches
Aléa = maximum projection
et 2 scénarii de brèche+ BP

Digues classées et remblais

- Val classé
- Val non classé
- Lit majeur non endigué ou non influencé
- Digue ou remblai linéaire
- Digue classée

Estimation bande précaution

- L'emprise de la bande de précaution est définie réglementairement et ne peut être inférieure à 50 m

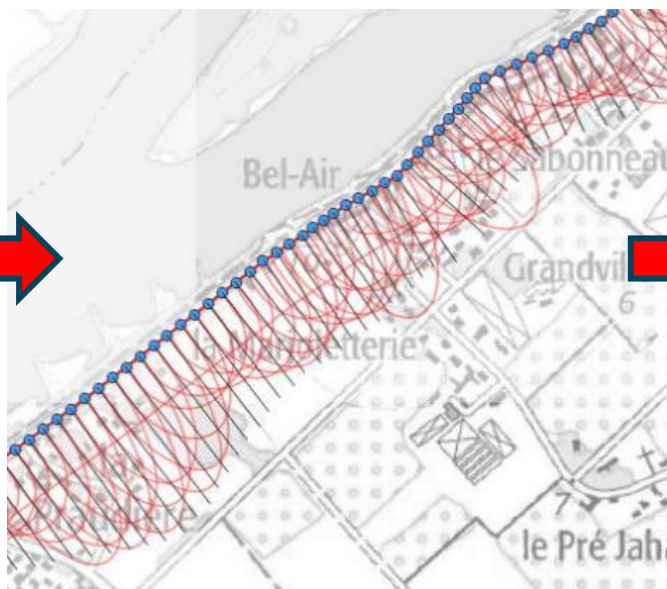


Définition de la bande de précaution derrière un système d'endiguement

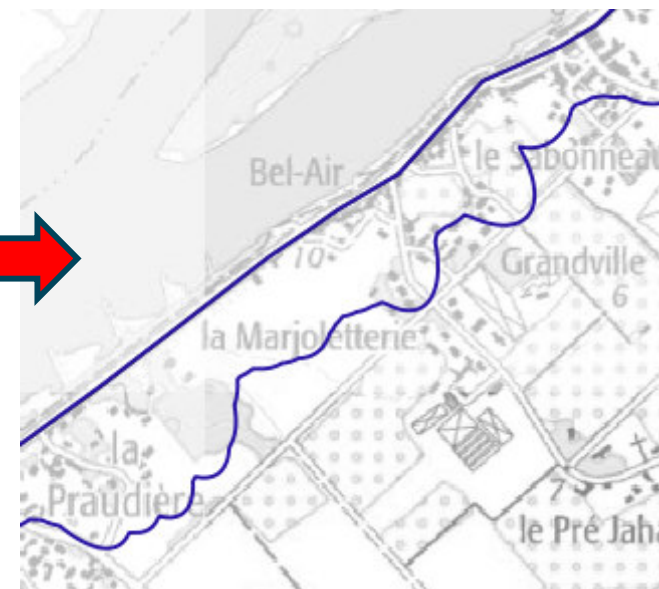
- Application sur l'ensemble des digues et remblais avec charge (différence entre le niveau d'eau et le terrain naturel) résiduelle, car les ruptures peuvent survenir en tout point
- Calcul automatisé et lissage manuel



Etape 1 : calcul pied de digue et hauteur de charge tout les 25 m



Etape 2 : application de demi-ellipse de grand axe $100 * h$ et de petit axe de 150 m

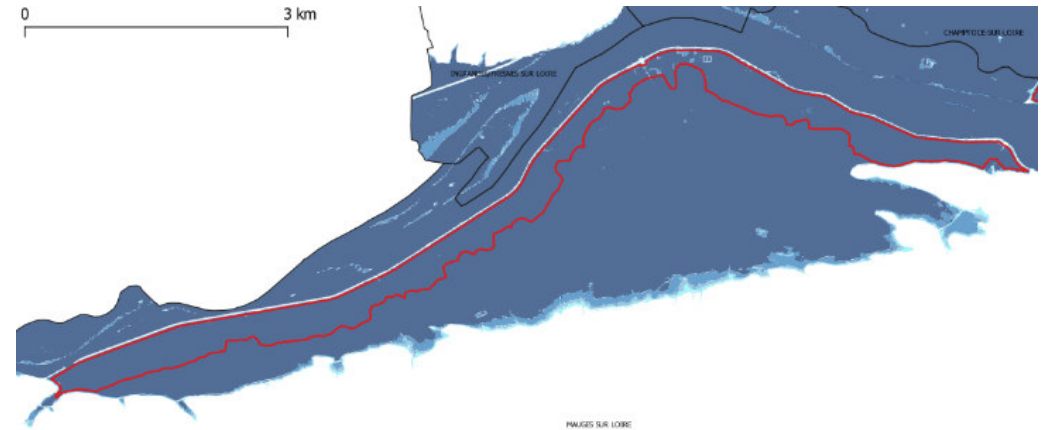


Etape 3 : lissage et corrections

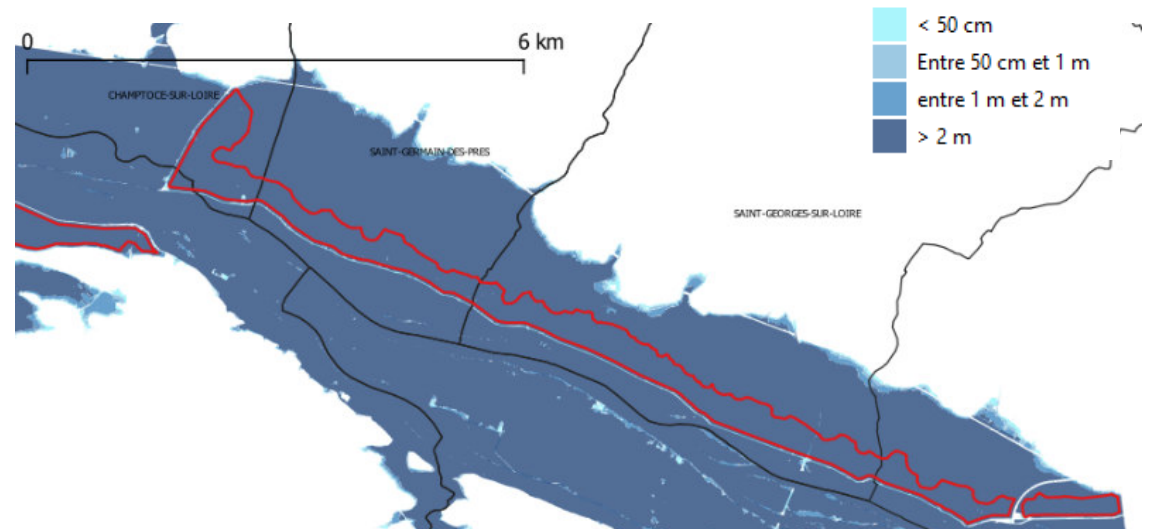
Présentation des bandes de précaution

- ✓ Bande de précaution uniquement sur Saint-Georges et Montjean
- ✓ Les bandes de précaution sont situées dans des zones d'aléa fort ou très fort.

→ La prise en compte des bandes de précaution change peu l'aléa



Bande précaution (en rouge) et hauteur d'eau centennale





Synthèse de la construction de l'aléa

Logigramme de construction aléa

Ligne d'eau

Analyse des digues

Hauteur d'eau par projection

Simulation de brèches : hauteur et dynamique

Bande de précaution (topographie)

Aléa par projection

Aléa brèche n°1

Aléa brèche n°2

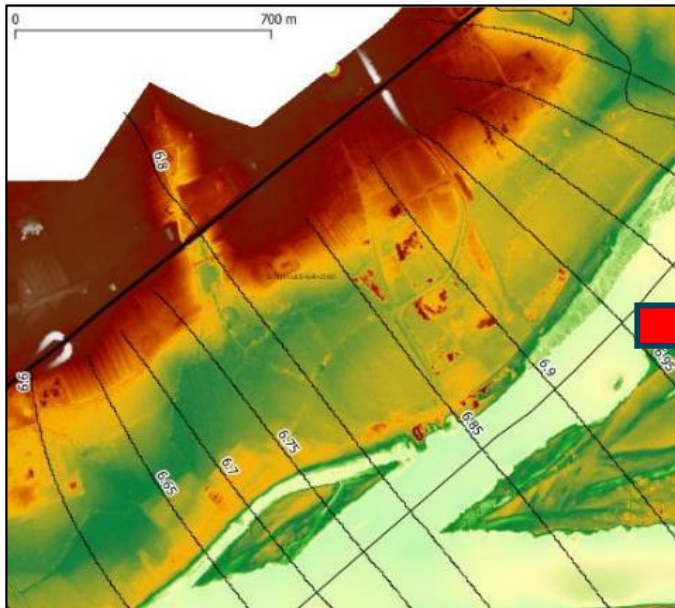
Aléa très fort dans la bande de précaution

Aléa maximal

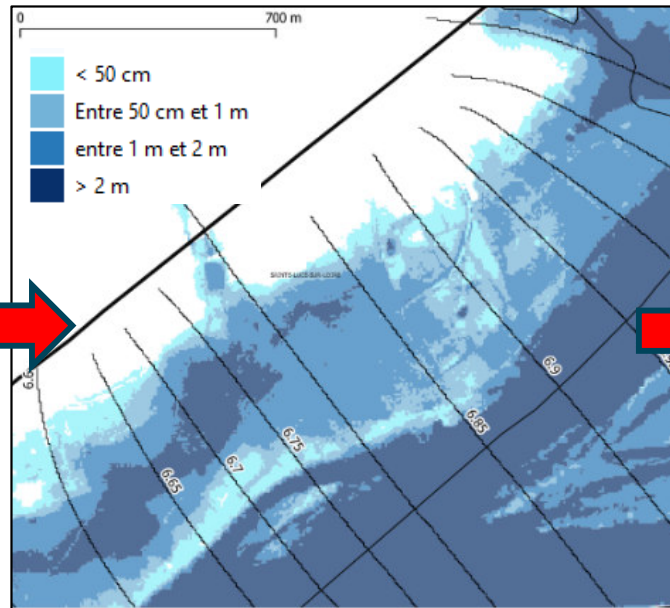
Zone hors digue classée

Val de Montjean et Saint-Georges

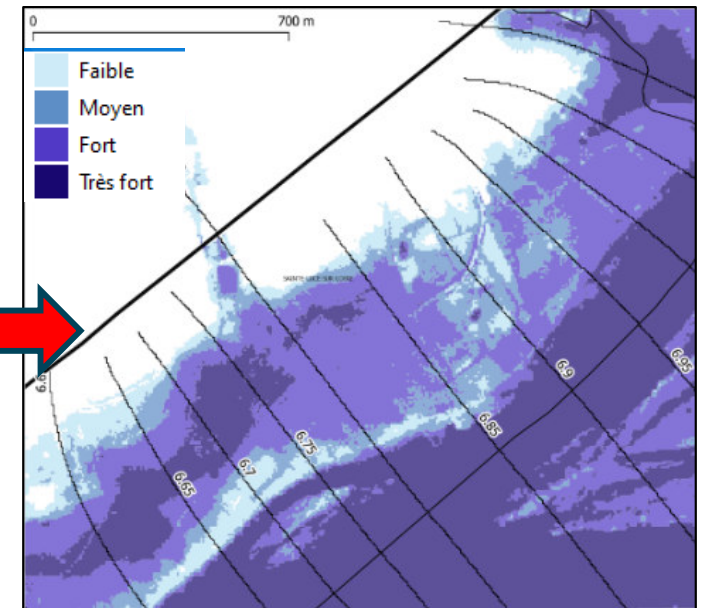
Aléa par projection du niveau d'eau



Topographie et ligne d'eau



Hauteur d'eau résultante



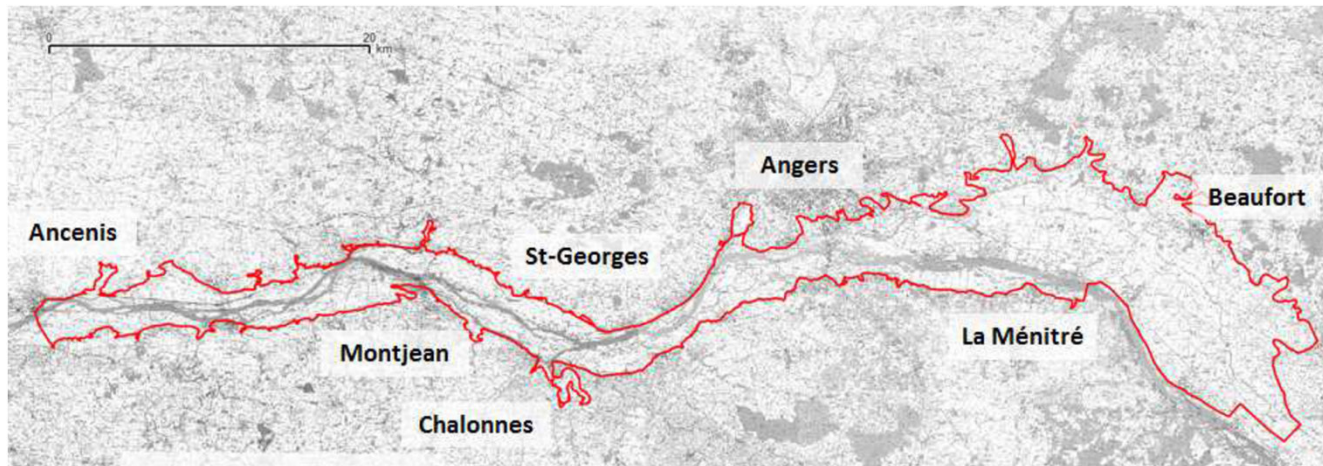
Aléa

- Traitement SIG pour obtenir la hauteur d'eau et l'aléa
- Hypothèse de dynamique lente vérifiée en lit majeur
- Aléa défini sur le critère hauteur d'eau

Dynamique de submersion		Lente
Hauteur d'eau	$0 < H < 0.5 \text{ m}$	Faible
	$0.5 < H < 1 \text{ m}$	Modéré
	$1 < H < 2 \text{ m}$	Fort
	$H > 2 \text{ m}$	Très Fort

Aléa en cas de brèches

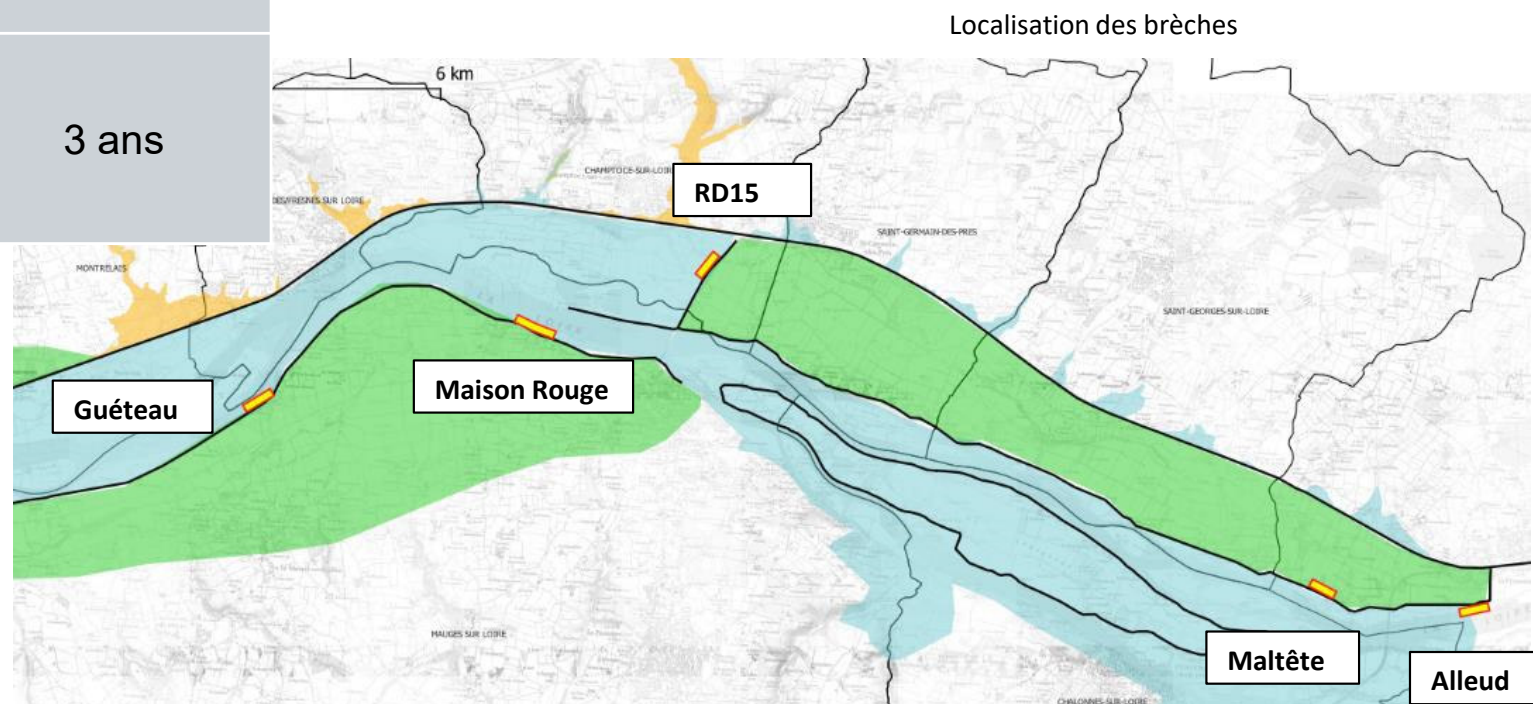
- Reprise du modèle des études de dangers des vals de Montjean et Saint-Georges.
- Modèle global de la Loire entre l'aval d'Angers et Ancenis
- Modèle calé sur les crues de 2004 et 2016 et validé sur les crues 1982,1994,1995 et 1999



Emprise du modèle des vals du Maine-et-Loire

Scénarii de dysfonctionnement

Val	Localisation	Niveau de Fiabilité du val
Montjean	Maison Rouge	3 ans
	Guéteau	
Saint-Georges	Alleud	3 ans
	Maltête	
	RD 15	

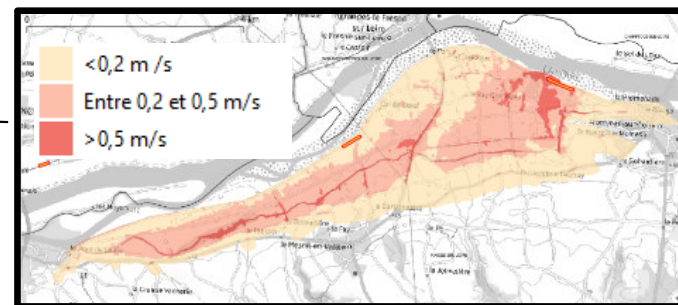


- 2 brèches sur Montjean et 3 sur Saint-Georges
- Brèches pour la crue de 1982 (légèrement inférieure à la crue de 1910)

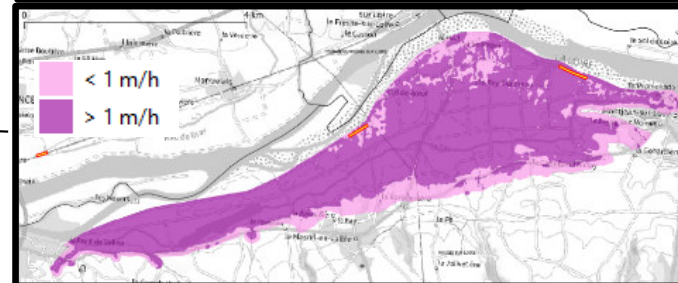
Vals Saint Georges et Montjean

Construction de l'aléa en 4 étapes :

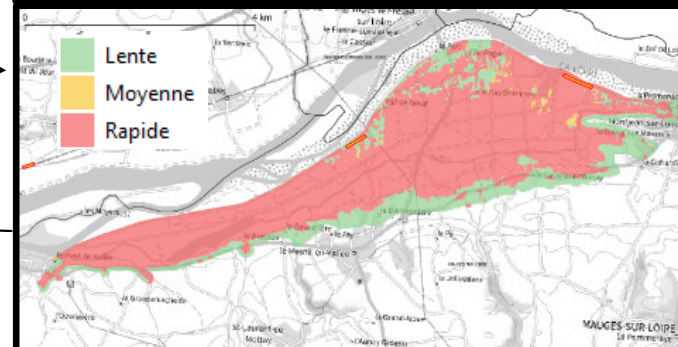
- ✓ extraction des résultats des modèles pour obtenir : la hauteur d'eau maximale, la vitesse maximale, la vitesse de montée des eau.
- ✓ Calcul de la dynamique d'écoulement
- ✓ Calcul de l'aléa par brèches
- ✓ Calcul de l'aléa maximal entre tous les scénario



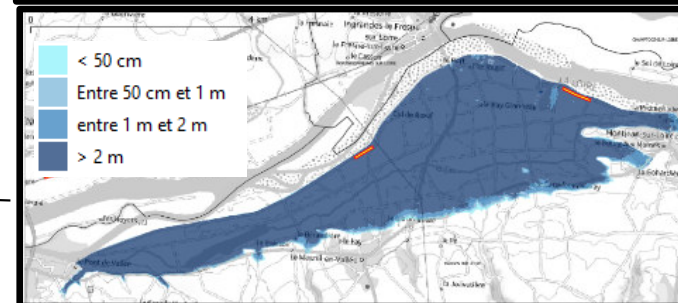
Vitesse maximale d'écoulement sur le val de Montjean



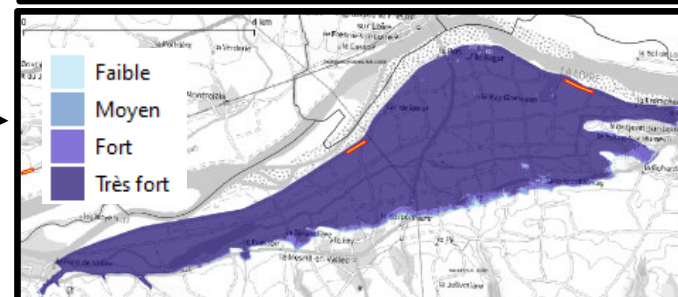
Vitesse de montée sur le val de Montjean



Dynamique d'écoulement sur le val de Montjean



Hauteur d'eau sur le val de Montjean

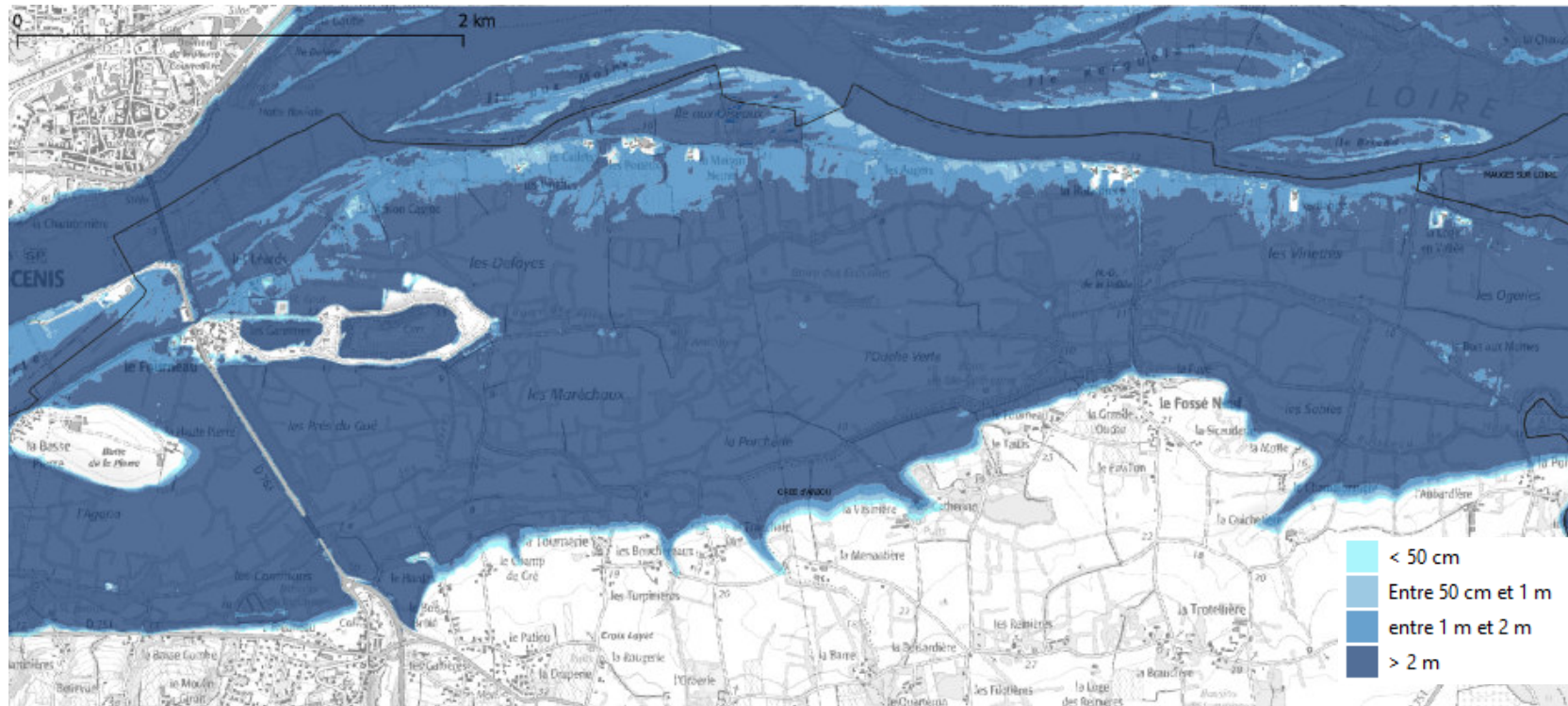


Aléa en cas de brèche sur le val de Montjean



Présentation des cartographies

Hauteur d'eau de retour de 20 ans

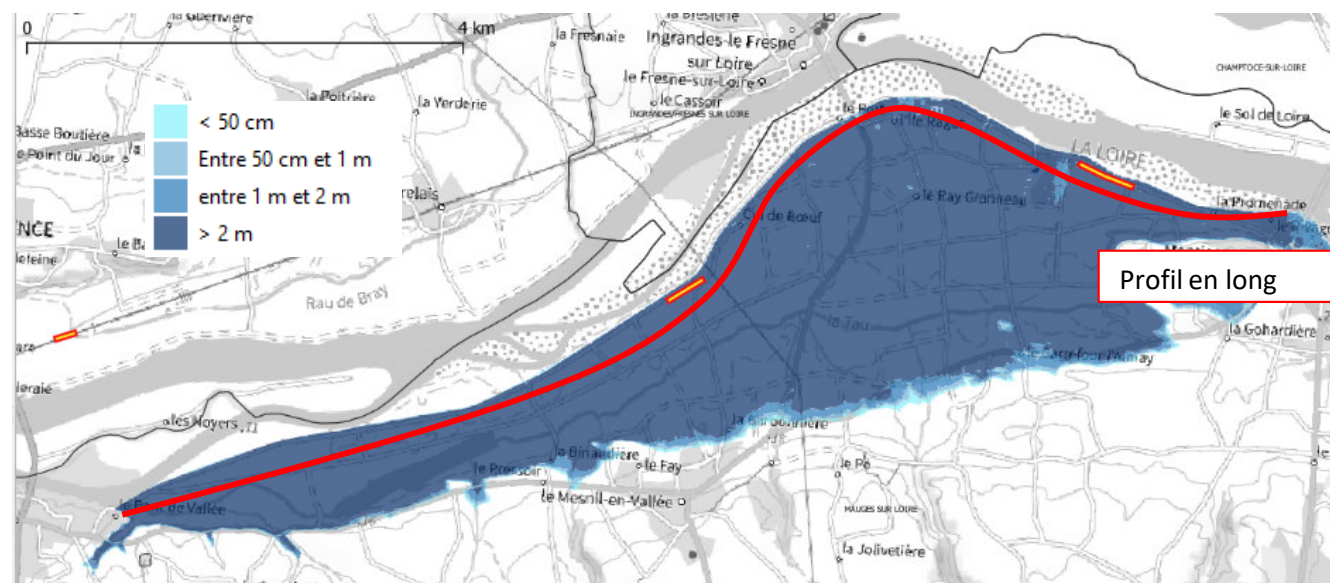


Hauteur d'eau par projection pour la crue de période de retour de 20 ans

- Hauteur d'eau par projection sans prendre en compte les digues (niveau de protection actuel inférieur à 20 ans)
- Inondation très large de la vallée de la Loire
- Hauteur d'eau majoritairement > 1 m

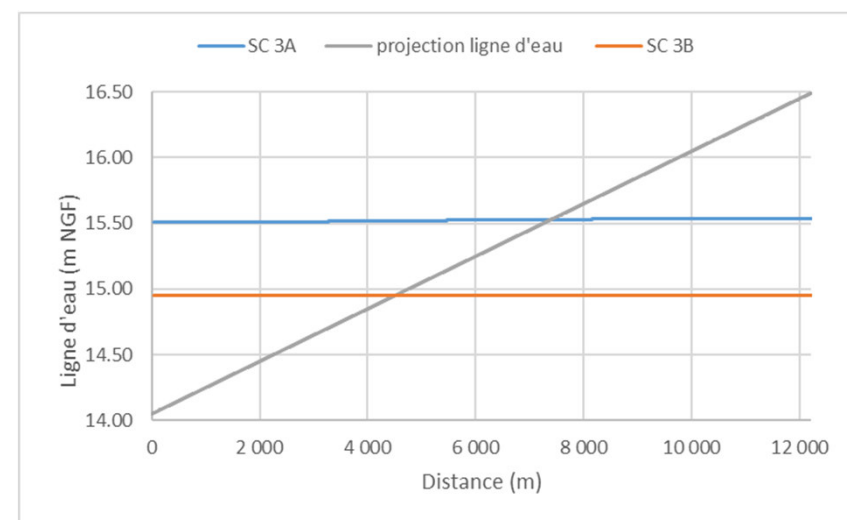
Aléa brèches val Montjean

- 2 scénarios de brèches : amont et milieu du val
- Inondation très rapide du val : débit entrant entre 500 et 800 m³/s, propagation à l'ensemble du val en 10 h.



Hauteur d'eau par projection

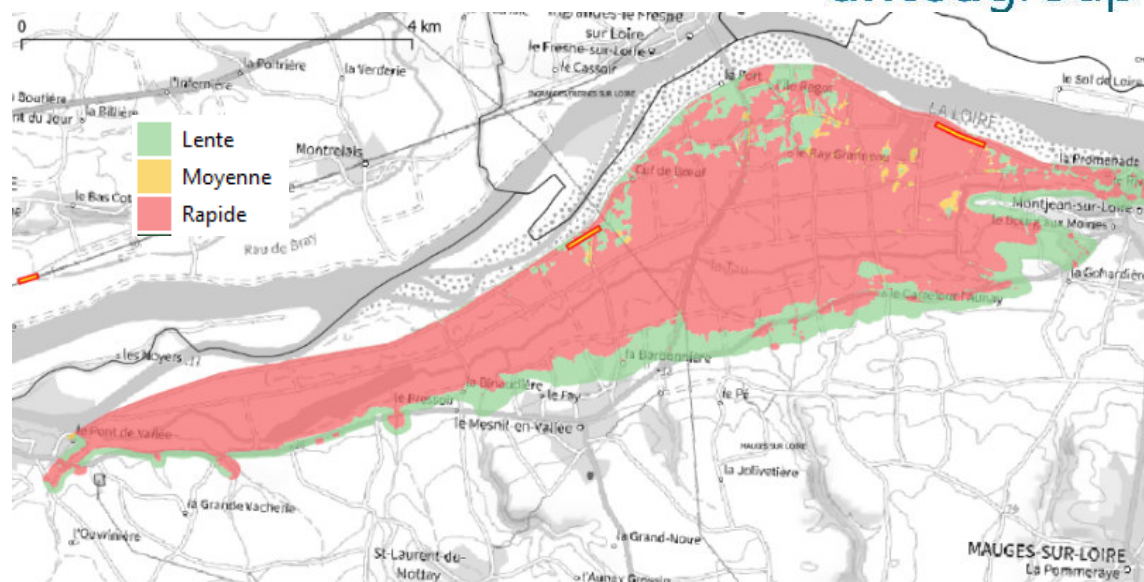
- La brèche A est la plus critique
- La brèche A induit une surcote de 1.5 m sur l'aval du val



Profil en long des niveaux d'eau

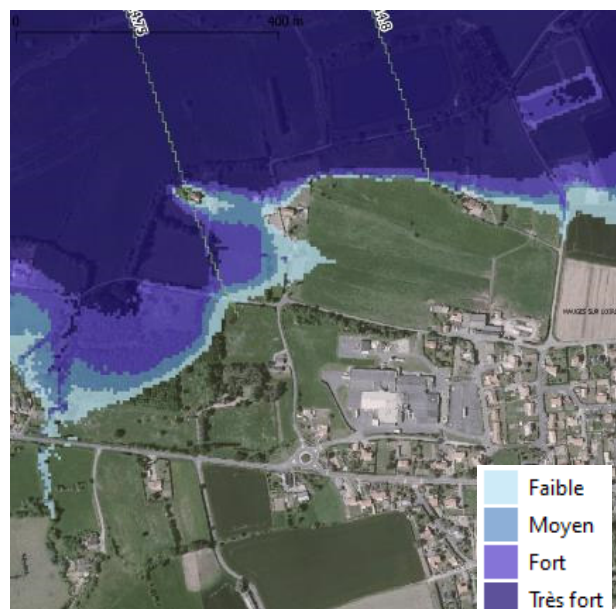
Aléa brèches val de Montjean

- Dynamique d'écoulement principalement rapide
- Aléa principalement fort à très fort

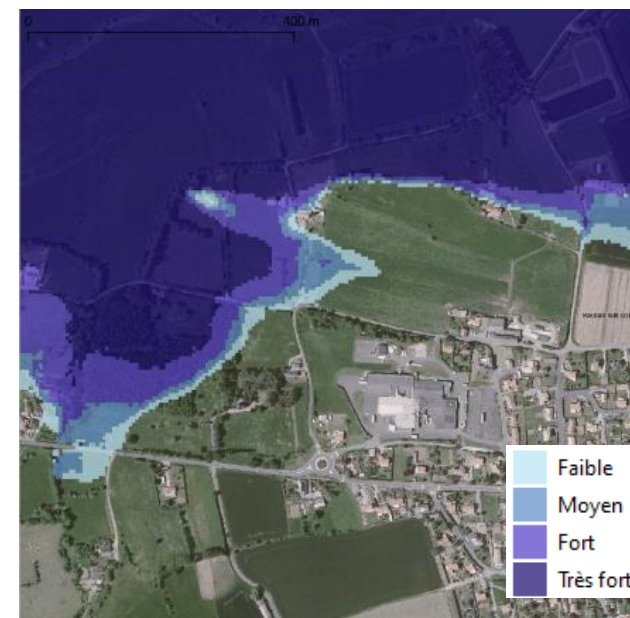


→ La prise en compte des brèches à un impact sur l'aléa uniquement à l'aval

Dynamique d'écoulement pour la brèche A



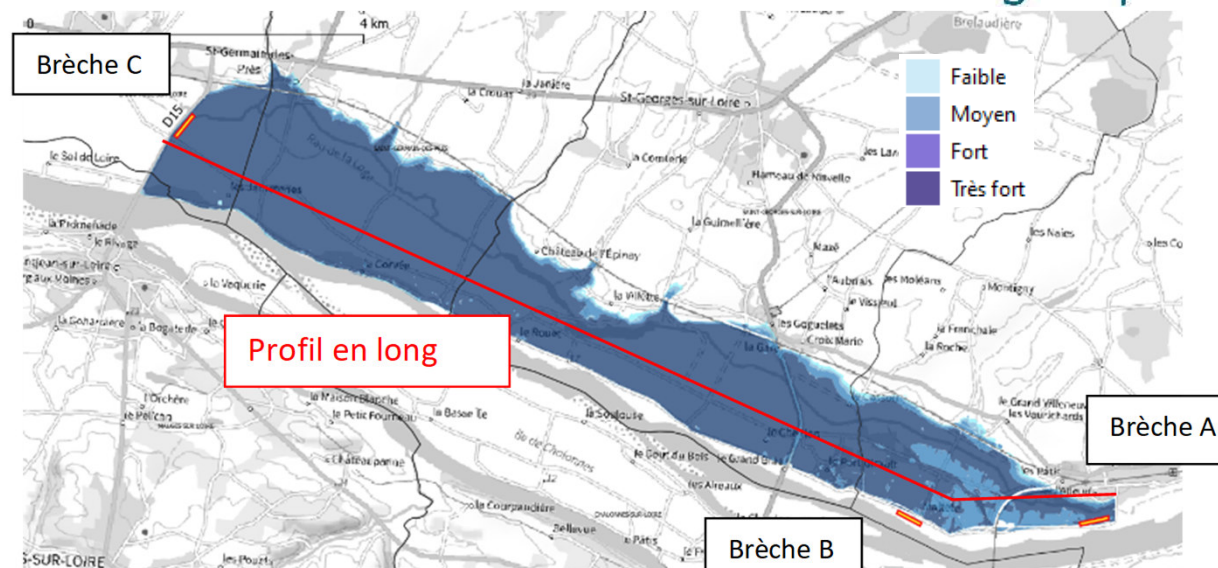
Aléa par projection



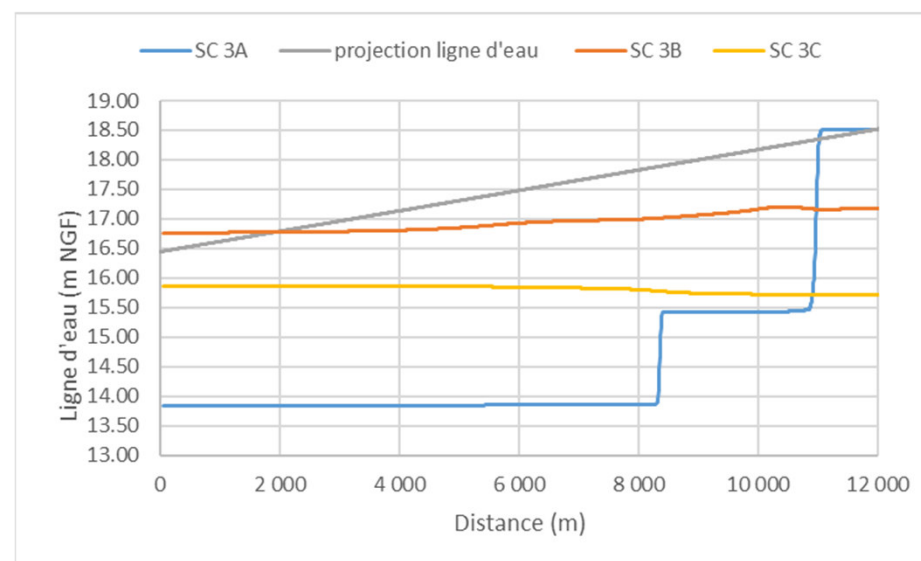
Aléa pour la brèche A

Aléa brèches val de Saint-Georges

- 3 scénarios de brèches : amont et aval du val
- Des résultats contrastés :
 - ✓ La brèche A peu critique du fait du rôle du remblai SNCF,
 - ✓ la brèche B, très critique ($800 \text{ m}^3/\text{s}$),
 - ✓ la brèche C qui se propage lentement vers l'amont
- Légère surcote de 10 cm à l'aval du val avec la brèche B

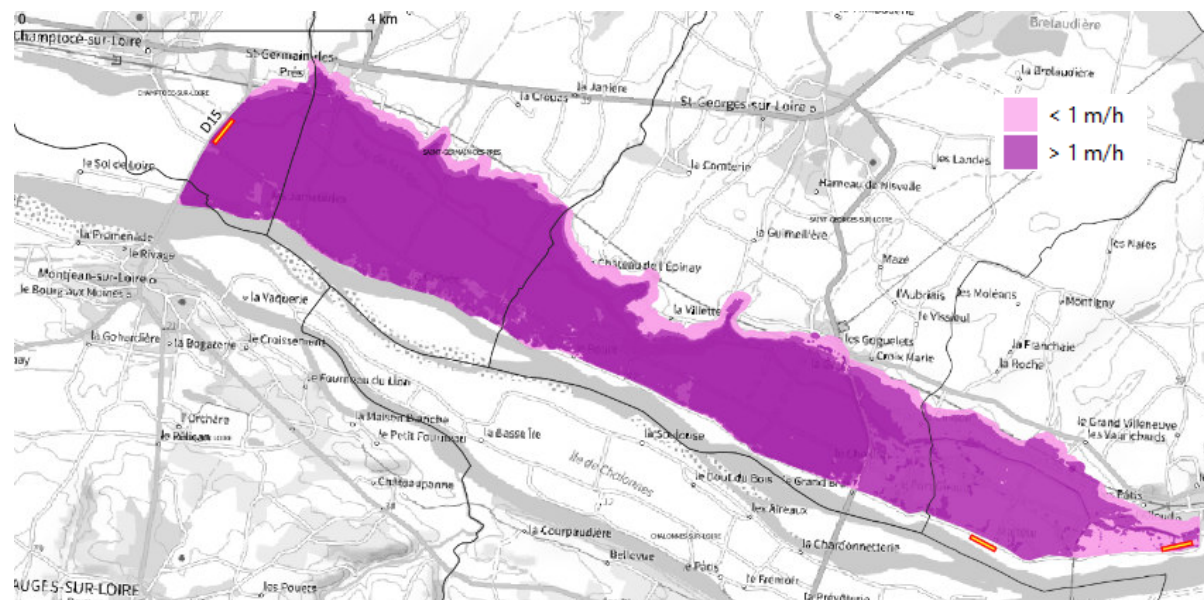


Hauteur d'eau par projection

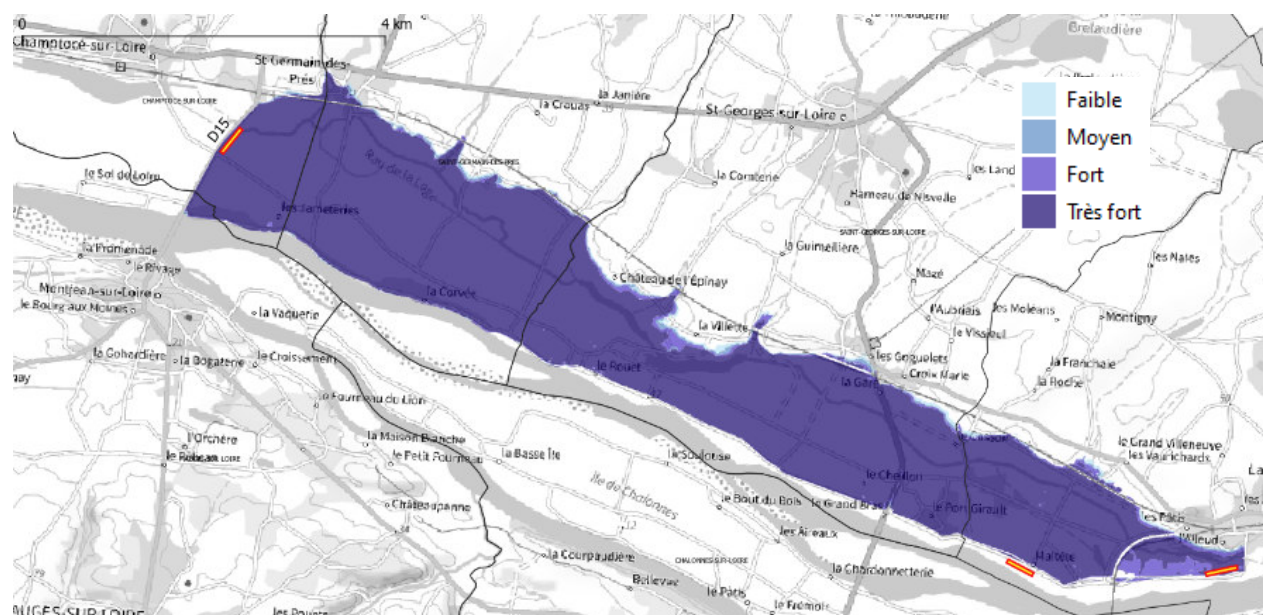


Aléa brèches val de Saint-Georges

- Montée de l'eau très rapide dans le cas de la brèche B
- Un aléa très largement fort

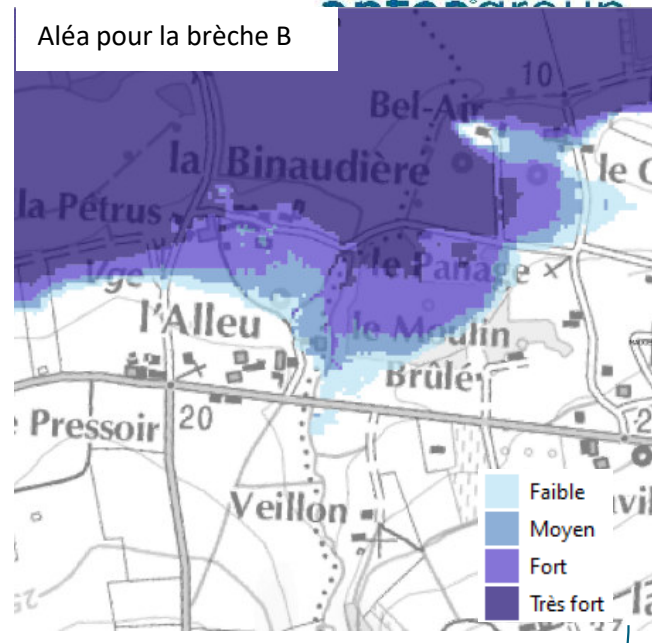
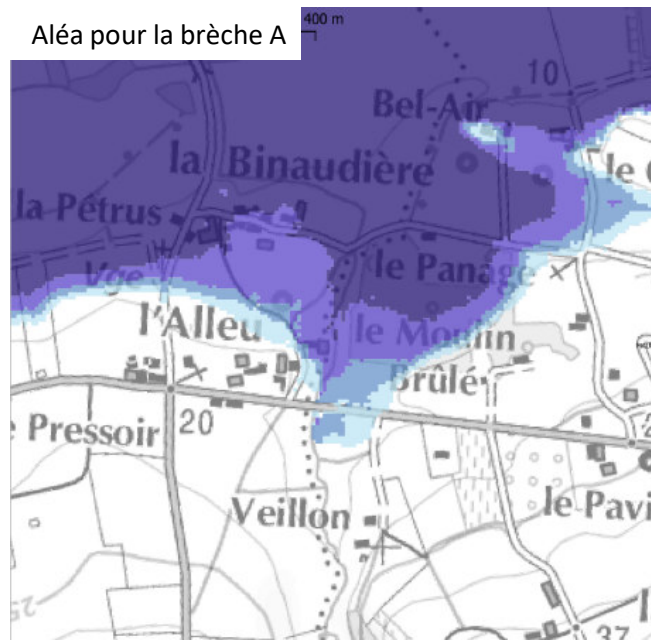
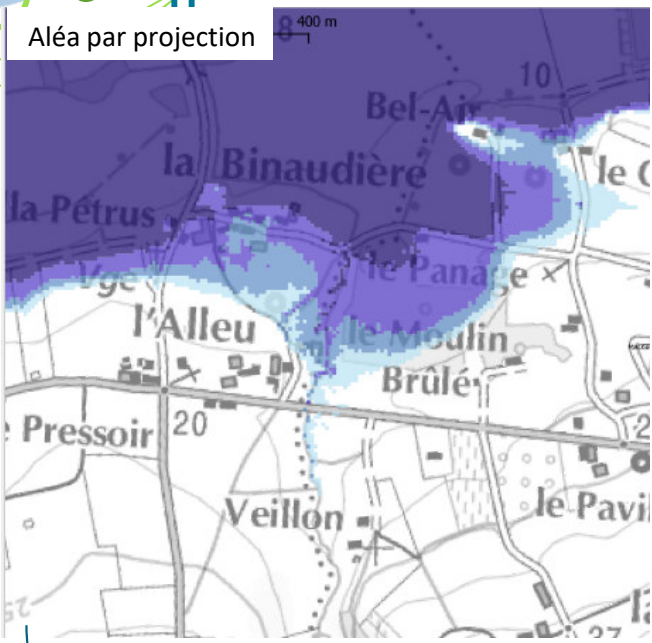


Vitesse de montée pour la brèche B

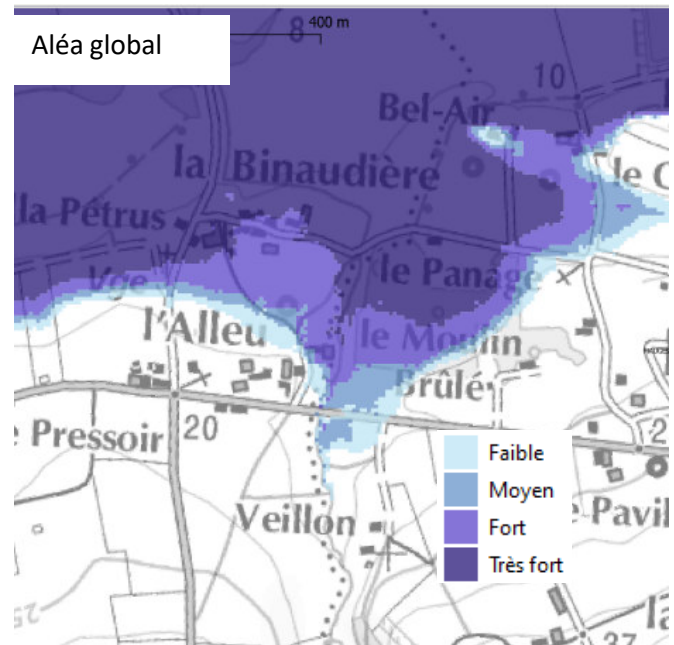


Aléa pour la brèche B

Combinaison des aléas

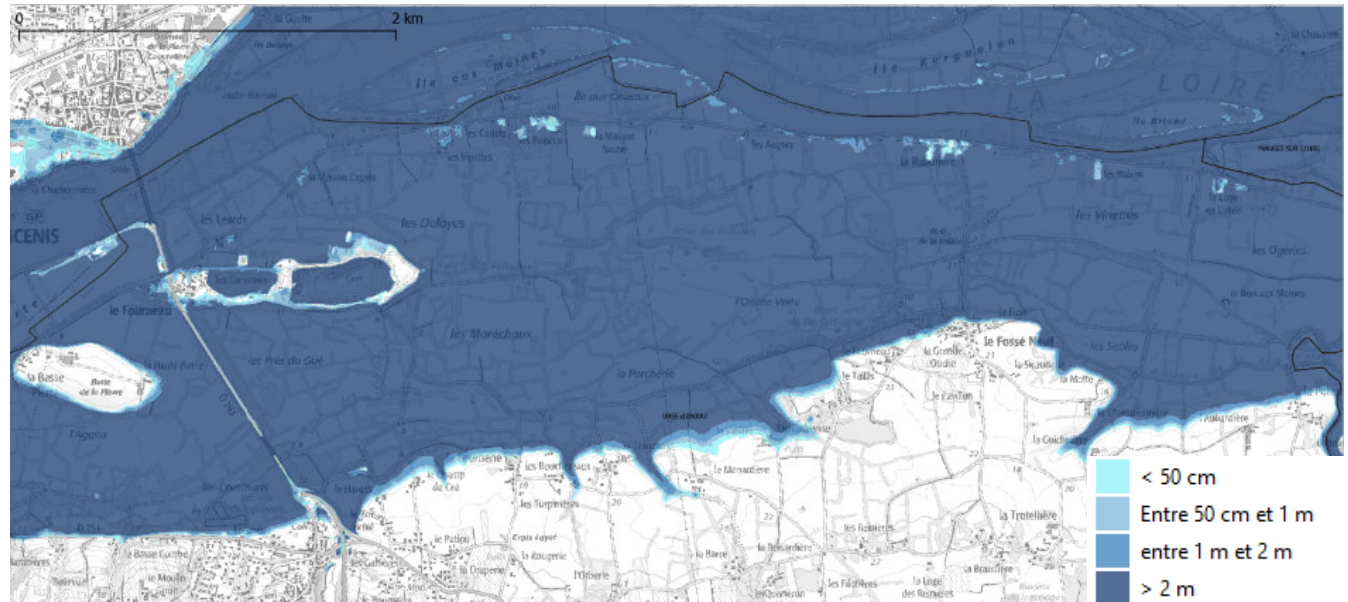


Maximum

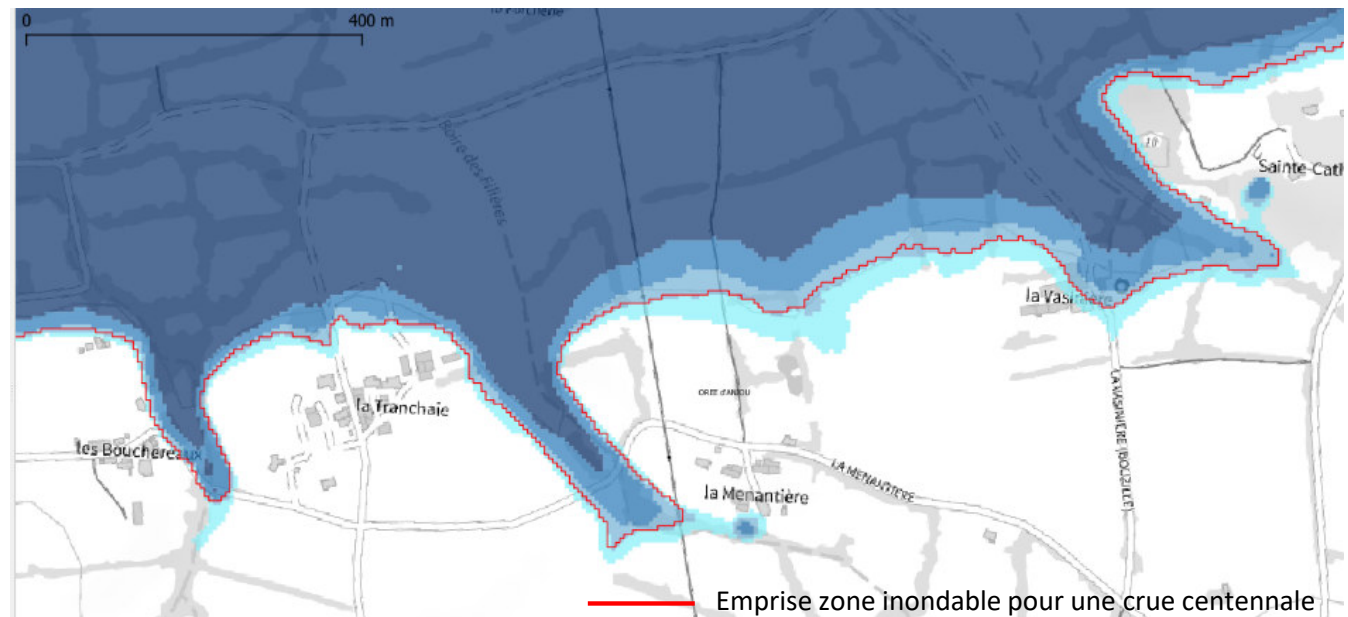


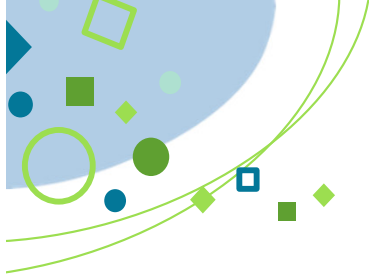
Hauteur d'eau de retour de 1000 ans

- Hauteur d'eau majoritairement supérieure à 2m.
- Par rapport à la crue centennale +80 cm au droit de la Divatte à +20cm en amont de Montjean
- Evolution faible de l'emprise de la zone inondable (souvent inférieure à une bande de 20 m)



Hauteur d'eau par projection pour la crue de période de retour de 1000 ans

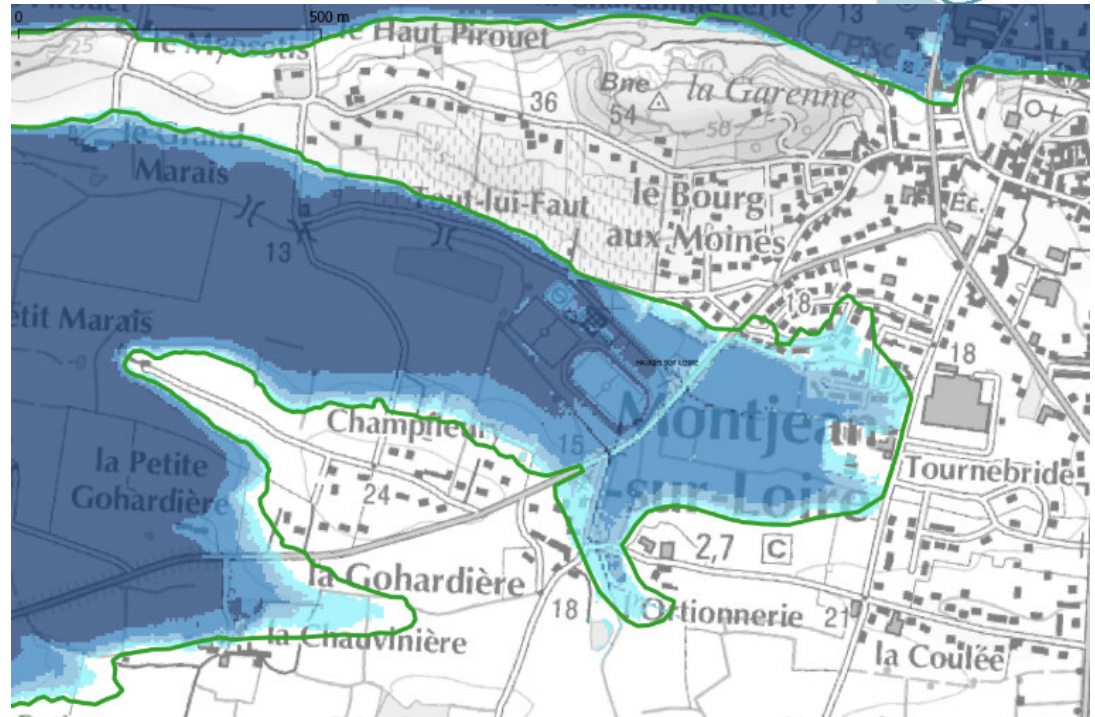




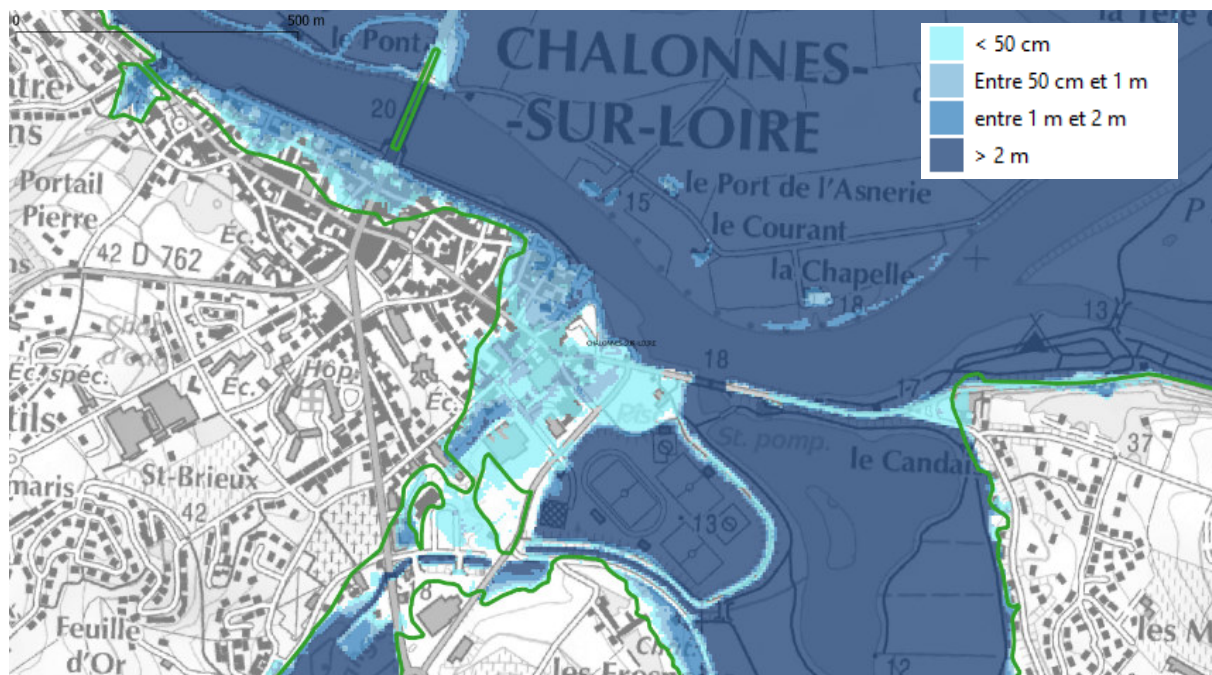
Impact de la révision du PPRI

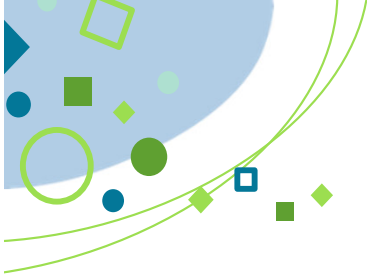
Comparaison des emprises

- ✓ Emprises des zones inondables globalement très proches entre les PPRi actuels et le nouvel aléa.
- ✓ Une tendance à être légèrement inférieur sur l'aval du fait de l'abaissement de la ligne d'eau



Comparaison avec les PPRi actuel (en vert)





Conclusions



Conclusions

- L'application de la méthodologie des PPRI conduit à l'étude de nombreuses situations de submersion (crue lente, rupture, dysfonctionnement)
 - une prise en compte du risque inondation adaptée à chaque zone
- Des évolutions assez faibles par rapport au PPRI actuel :
 - Peu d'évolution des emprises mais meilleure définition des limites du fait d'une meilleure topographie.
 - Probablement un aléa légèrement plus fort (prise en compte des brèches)

MERCI