

# Journée TECHNIQUE COMMUNE CFGI – CFMS- CFMR

## Les digues fluviales et maritimes



**« Projet Intégré Isère Amont » : Règles de dimensionnement utilisables et exemple de maîtrise d'œuvre géotechnique et hydraulique. Patrick GARCIN (EGIS Géotechnique)**



# Déroulement de la présentation

1. Le contexte du projet: les acteurs – l'histoire – les objectifs
2. Principes de l'aménagement
3. Phase de maîtrise d'œuvre considérée et Adaptations du projet
4. Critères de dimensionnement géotechniques
5. Applications dans le cadre de la maîtrise d'œuvre
6. Conclusion : principaux intérêts de l'approche géotechnique

# ISERE AMONT

## 1. Le contexte du projet: les acteurs – l’histoire – les objectifs

MOA - Maître d’Ouvrage :

**SYMBHI**

MOA - Maître d’Ouvrage délégué:

**Territoires 38**

MOE - Groupement Maître d’Œuvre :  
**Hydrétudes**

**Egis Eau, Egis Géotechnique,**

**Gestionnaire de l’ouvrage :**

**AD Isère Drac Romanche**

**AMO – Assistance à Maîtrise d’Ouvrage : Juridique, Concertation,  
Environnement, etc.**



# ISERE AMONT

## 1. Le contexte du projet: les acteurs – l’histoire – les objectifs

### Origine du projet

- Le début de la politique publique d’endiguement du lit de l’Isère date de 150 ans (crue de référence de 1859)
- Protection incomplètes des communes proches de Grenoble
- Le rôle du SYMBHI (Syndicat Mixte du Bassin Hydraulique de l’Isère)

### Objectifs

1. Ecrêtement de la crue dans les zones naturelles et agricoles pour mieux protéger les zones urbaines,
2. Revalorisation des espaces naturels (aquatiques) aux abords des cours d’eau,
3. Développement des loisirs liés à la rivière
4. Références de crue : 200 ans pour l’Isère et 30 ans pour l’inondation des zones agricoles

# ISERE AMONT

## 1. Le contexte du projet: les acteurs – l'histoire – les objectifs

**Mode d'inondation** : non sélective, tous les aires seront inondées en même temps

**Quelques données de base:**

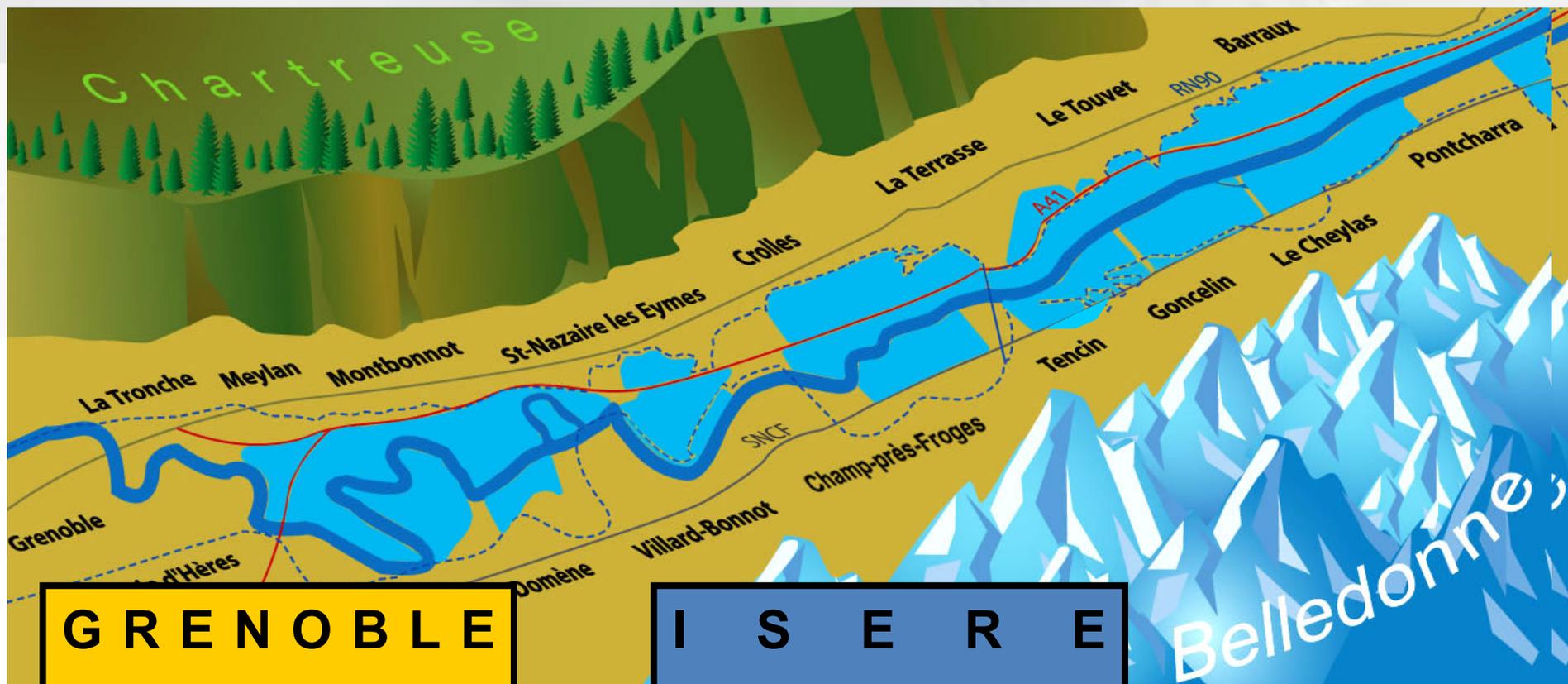
- Distances : en ligne droite (37 km) et selon le tracé de l'Isère (47.5 km)
- 3 tranches de travaux
- 100 M€HT environ de travaux étalés sur 5 ans



# ISERE AMONT

## 1. Le contexte du projet: les acteurs – l’histoire – les objectifs

Le périmètre global



**G R E N O B L E**

**I S E R E**

**ÉTAT ACTUEL**

--- Zones actuellement inondables

■ Création de Champs d'inondation contrôlée

# ISERE AMONT

## 2. Principes de l'aménagement

Quelle est la fonction de la digue et quel sens pratique donner au CIC \* ?

\* : *Champs d'Inondation Contrôlé*



## 2. Principes de l'aménagement

### Un tracé linéaire qui n'en a que l'air...

#### Les natures de travaux :

- Les déblais: l'extraction en rivière (arasement de bancs, plages de dépôts) et sur terre (décapage, fossé).
- Les remblais (réhaussements digues, merlons et nouvelles digues, reprofilage, enrochements ...).
- Des ouvrages hydrauliques (vannes mobiles, buses, déversoirs, batardeaux,...).
- Des ouvrages spéciaux (parois étanches de type Berlinoise ou paroi au coulis).
- Les travaux paysagers et environnementaux (reconstitution d'écosystèmes, passes à poissons...).

## 2. Principes de l'aménagement

### Les enjeux et les facteurs influant sur les travaux :

- Les principales contraintes pesant sur le projet de terrassement :

. *Géométrie : un tracé pas si linéaire que ça...*

. *Morcellement des ouvrages : une multitude de petits ouvrages de natures différentes où*

*Génie Civil et Terrassements s'enchevêtrent*

. *Accès des sites et itinéraires de transport : itinéraires à fort trafic ou de petits gabarits*

- Le contexte géologique et géotechnique (qualité des matériaux et sélection des alluvions, extraction en rivière, réutilisation).

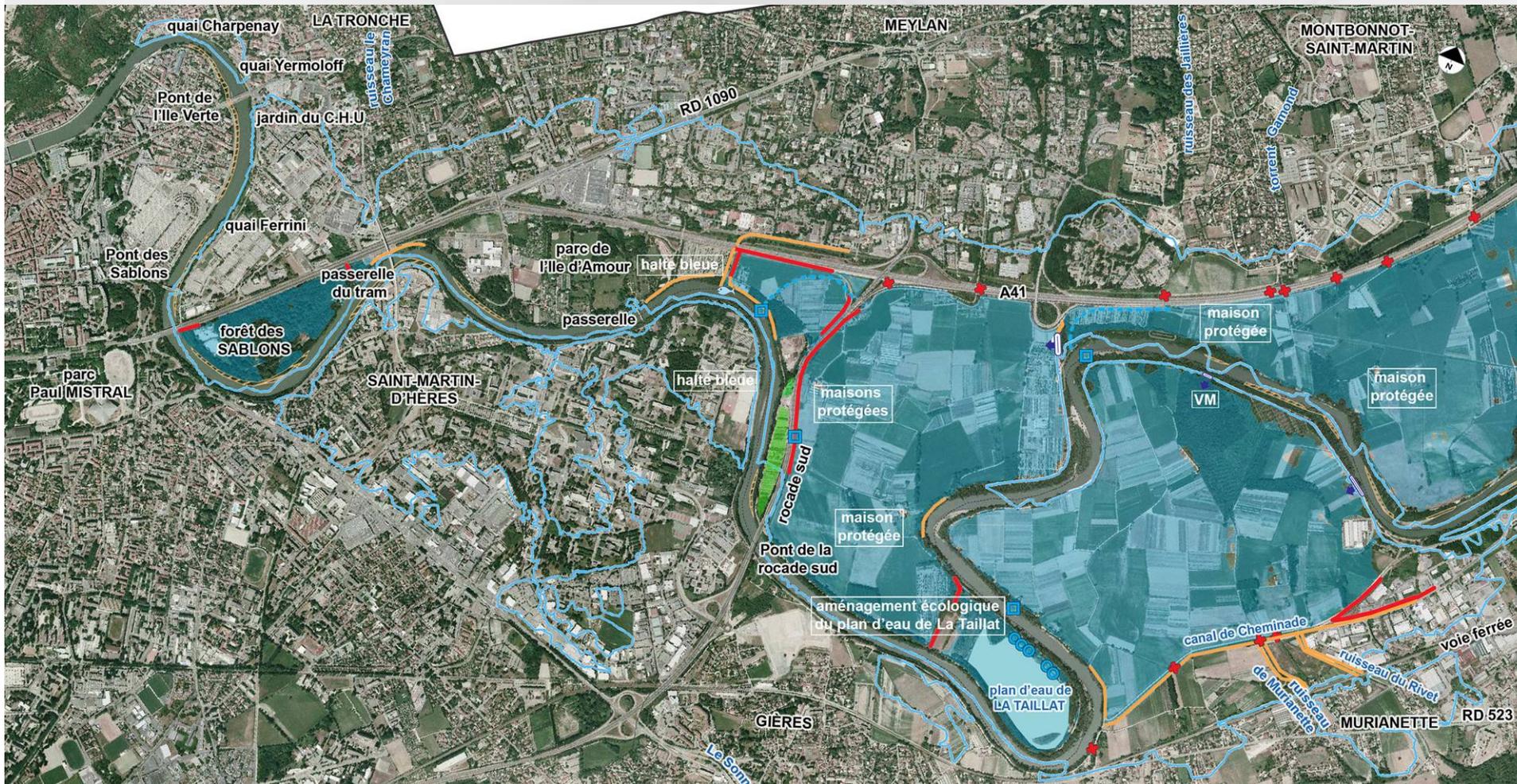
- Les conditions climatiques particulières.

*..... Tout ça pour conduire vers la meilleure valorisation des ressources du site et du joli terme de « Développement durable ».*

# ISERE AMONT

## 2. Principes de l'aménagement

carte amont



Gravières aménagées   Milieux naturels valorisés   Forêts alluviales inondables

# ISERE AMONT

## 3. Phase de maîtrise d'œuvre considérée et Adaptations du projet

**Phase de maîtrise d'œuvre :**

- **AVP modificatif sur la base d'un AVP réalisé par autre MOE**
- **PRO puis MOE complète**

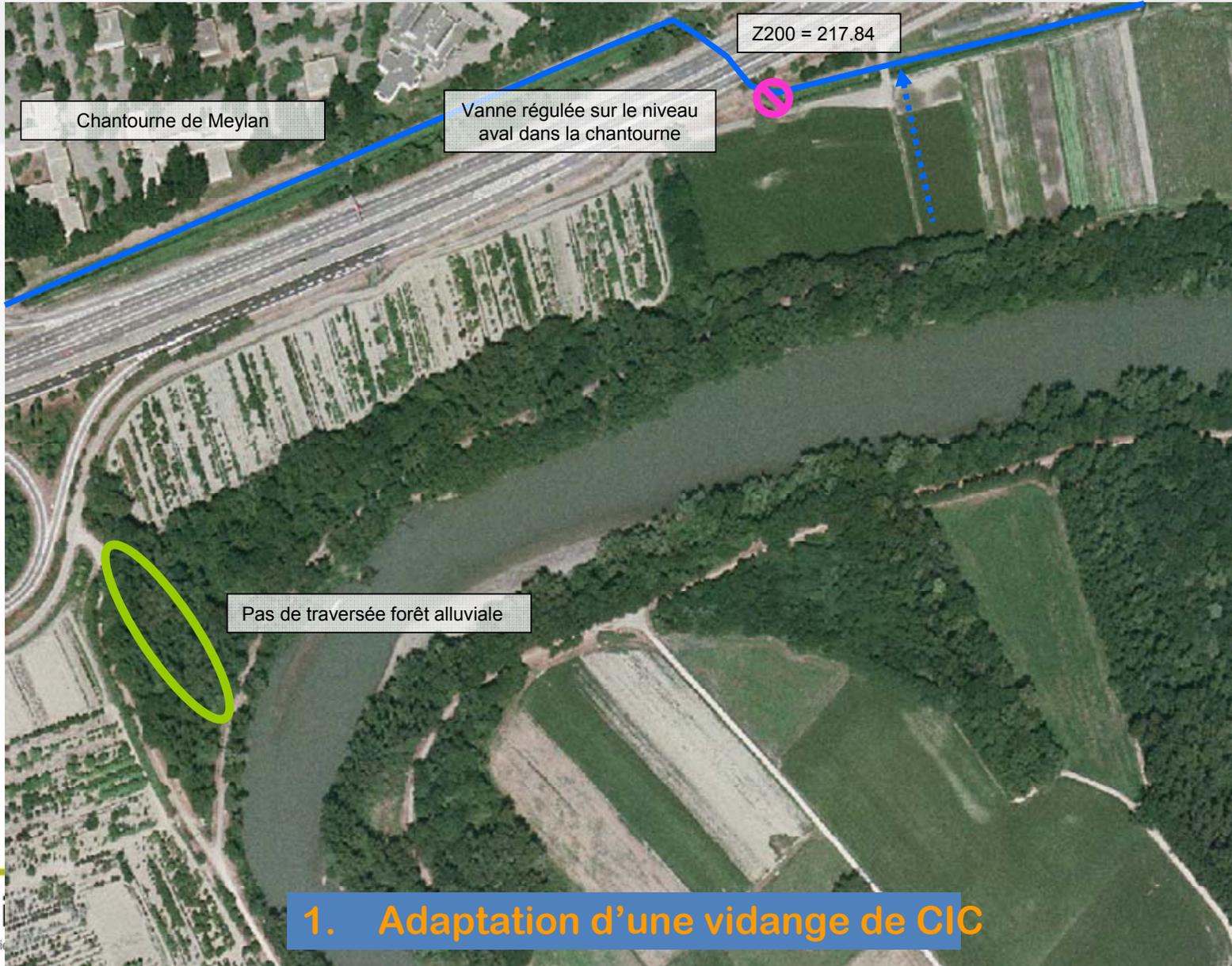
### 3. Phase de maîtrise d'œuvre considérée et Adaptations du projet

#### Quelques adaptations du projet

1. Adaptation d'une vidange de CIC
2. Compatibilité d'un CIC avec chantourne
3. Optimisation des aménagements environnementaux
4. Adaptation des interventions sur les bancs avec présence de la Petite Massette
5. Modification d'un canal en solution pompage

# ISERE AMONT

## 3. Phase de maîtrise d'œuvre considérée et Adaptations du projet



# ISERE AMONT

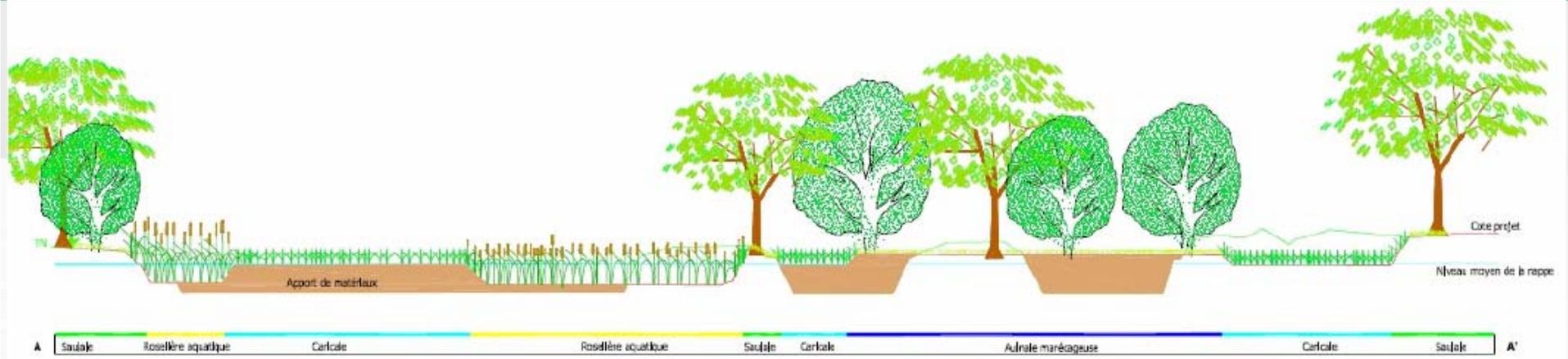
## 3. Phase de maîtrise d'œuvre considérée et Adaptations du projet



### 2. Compatibilité d'un CIC avec chantourne

# ISERE AMONT

## 3. Phase de maîtrise d'œuvre considérée et Adaptations du projet

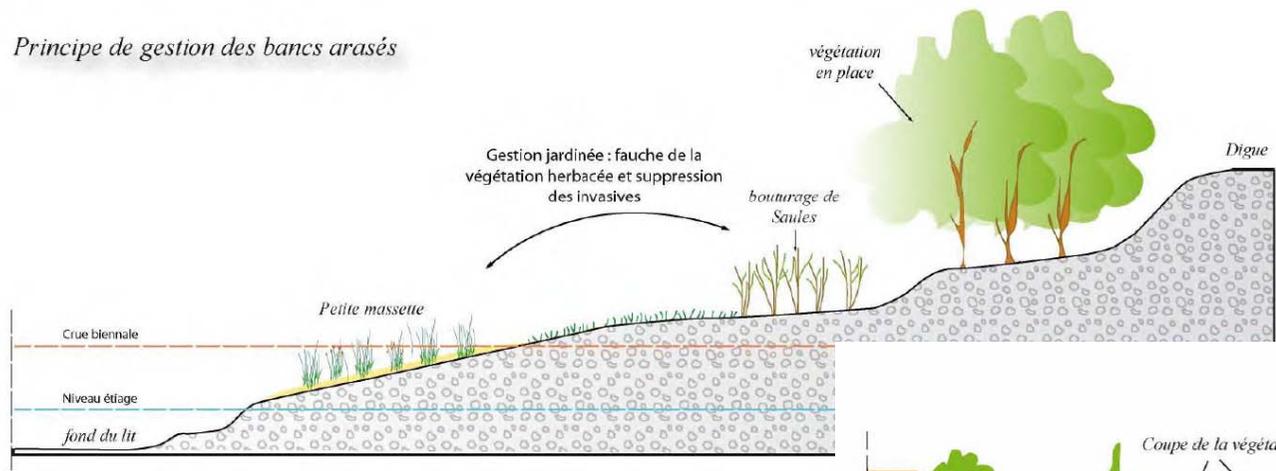


### 3. Optimisation des aménagements environnementaux

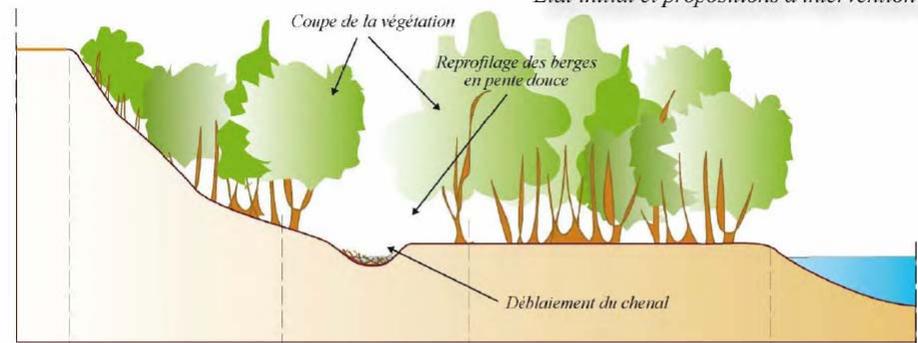
# ISERE AMONT

## 3. Phase de maîtrise d'œuvre considérée et Adaptations du projet

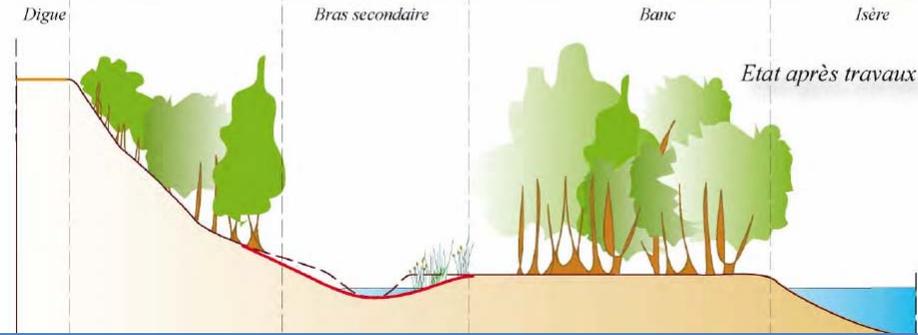
Principe de gestion des bancs arasés



Bras de Meylan  
Etat initial et propositions d'intervention



Etat après travaux



## 4. Adaptation des interventions sur les bancs avec présence de la Petite Mas

# ISERE AMONT

## 3. Phase de maîtrise d'œuvre considérée et Adaptations du projet

### 5. Modification d'un canal en solution pompage

- Objectif de protection contre les crues de l'Isère
  - **Protection contre la crue 200 ans**
- Objectif de protection contre la concomitance des crues de l'Isère et de la Chantourne
  - **Scénario de simultanéité de la pointe de la crue 200 ans de l'Isère et d'une crue 10 ans sur la Chantourne**
  - **Objectif secondaire de fonctionnement sécuritaire au-delà de la crue 200 ans sur l'Isère**

# ISERE AMONT

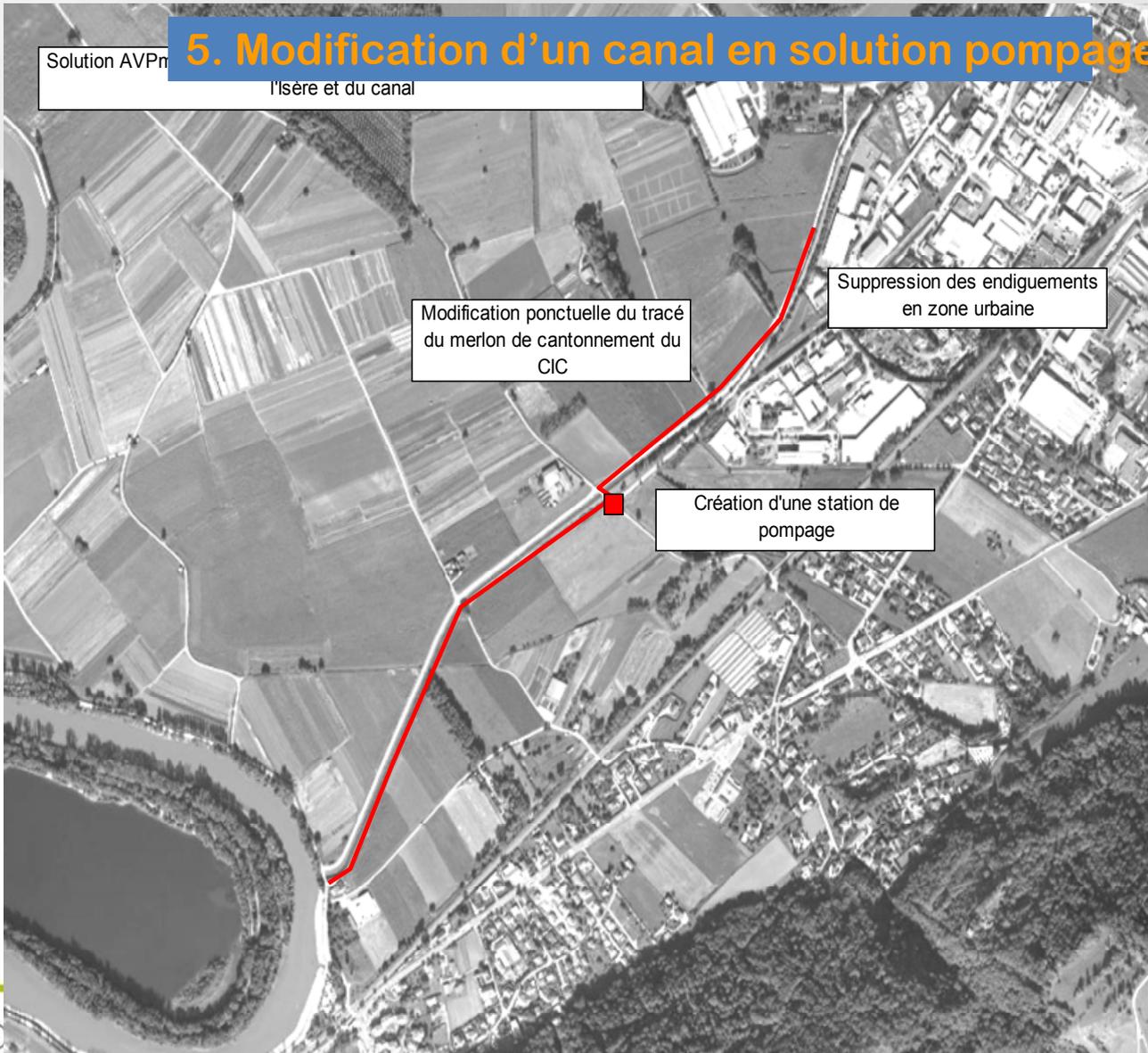
## 3. Phase de maîtrise d'œuvre considérée et Adaptations du projet

### 5. Modification d'un canal en solution pompage

- Principes
  - ⊙ L'eau de l'Isère remonte librement dans la Chantourne et ses affluents dont les berges sont rehaussées en conséquences
- Endiguement le long de la Chantourne
  - ⊙ Ouvrages mixte, merlon et murs béton selon les zones
  - ⊙ Forte hauteur des ouvrages
  - ⊙ Forte consommation d'espace
- Déconnexion des réseaux pluviaux de la Chantourne
  - ⊙ Clapets Anti-retour
- Solutions de pompages
  - ⊙ Station de pompage en aval de la confluence avec le ruisseau de Murianette
  - ⊙ Avec mise en œuvre de zones de rétention
  - ⊙ Un vannage pour fermer la chantourne en cas de crue de l'Isère

# ISERE AMONT

## 3. Phase de maîtrise d'œuvre considérée et Adaptations du projet



## 4. Critères de dimensionnement géotechniques

- ▶ Ouvrages considérés
- ▶ Hypothèses de calcul retenues pour le dimensionnement
- ▶ Méthodologie de dimensionnement des ouvrages.

## 4. Critères de dimensionnement géotechniques

### Dans le lit majeur :

- **Merlons de cantonnement:** ce type d'ouvrage présente l'avantage d'être intégralement réalisé avec des matériaux connus et dans des conditions de mises en œuvre parfaitement maîtrisées.

## 4. Critères de dimensionnement géotechniques

### Dans le lit mineur :

- **Rehaussement de digue** : revanche hydraulique minimale de 0.50m par rapport ( crue bi centennale) => rehaussement des berges par endroit.
- **Confortement** : sur les zones le permettant => rechargement en matériaux coté val permettant d'assurer la stabilité de la digue. La mise en œuvre d'un masque drainant permettra de lutter contre l'érosion interne des digues puisque ce risque a été identifié sur une grande partie des digues de l'Isère.
- **Paroi étanche** : zones jugées particulièrement sensibles aux phénomènes d'érosion interne => paroi étanche :
  - paroi au coulis
  - palplanche.
- **Protection de berge** : forts phénomènes d'érosion externe (extrados...) => protection superficielle en enrochements.
- **Butée de pied en 0/400mm et/ou reprofilage** : zones avec instabilité de berge coté rivière => butée de pied en 0/400mm et/ou un reprofilage.
- **Ouvrages de génie civil** : vérification des ouvrages ponctuels

## 4. Critères de dimensionnement géotechniques

### Caractéristiques géomécaniques retenues pour les sols naturels en place

- Sable et graviers
- Sablon tout venant
- Sablon fin

## 4. Critères de dimensionnement géotechniques

### Merlon de cantonnement

Matériaux de fourniture extérieure de type grave calcaire concassé ou en matériaux recyclés concassés permettant d'obtenir, une fois compacté,

- Cohésion effective :  $c' = 0$  kPa
- Angle de frottement effectif :  $\varphi' = 42^\circ$ .
- Poids volumique sec :  $\gamma_h = 21$  kN/m<sup>3</sup>

## 4. Critères de dimensionnement géotechniques

### Matériaux constitutif des filtres, confortements et rehaussement

Matériaux constitutifs des filtres et masques => criblage et concassage des matériaux de la classe *sable et graviers*.

Une fois compacté, les caractéristiques sont les suivantes :

- Cohésion effective :  $c' = 0$  kPa
- Angle de frottement effectif :  $\varphi' = 37^\circ$
- Poids volumique sec :  $\gamma_h = 19$  kN/m<sup>3</sup>

## 4. Critères de dimensionnement géotechniques

### Protection en enrochements

Sur les zones présentant des protections anti érosive de surface en enrochements, hypothèses prises en compte pour la carapace :

- Cohésion effective :  $c' = 0 \text{ kPa}$
- Angle de frottement interne :  $\varphi' = 45^\circ$
- Poids volumique sec :  $\gamma_h = 20 \text{ kN/m}^3$

## 4. Critères de dimensionnement géotechniques

### Butée de pied en 0/400mm

Zones où une butée de pied coté Isère est réalisée, hypothèses prises en compte pour les matériaux d'apport :

- Cohésion effective :  $c' = 0 \text{ kPa}$
- Angle de frottement interne :  $\varphi' = 40^\circ$
- Poids volumique sec :  $\gamma_h = 20 \text{ kN/m}^3$

## 4. Critères de dimensionnement géotechniques

### Lignes piézométriques

Établissement des lignes piézométriques en crue et décrue selon la

### Méthode de Kozeny

## 4. Critères de dimensionnement géotechniques

**Objectifs de stabilité mécanique au grand glissement :**

-F = 1,5 en situation normale

-F = 1,3 en situation décrue

## 4. Critères de dimensionnement géotechniques

### Vérification de la stabilité vis-à-vis des phénomènes de Renard

Cette vérification est réalisée d'après l'approche générale par défaut de Bligh (gradient hydraulique global).

Le gradient limite global pour la digue (en considérant le corps de digue et le masque) a été fixé à 0,1.

## 4. Critères de dimensionnement géotechniques

### Vérification de la stabilité vis-à-vis des phénomènes de Boulance

Cette vérification est réalisée en considérant le gradient hydraulique de sortie, Le coefficient de sécurité à considérer est de :

- 1.5 pour les méthodes de calcul analytique
- 3 pour les calculs de gradient réalisés à partir de méthodes numériques et se basant sur les perméabilités estimées à partir des essais in situ

Gradient critique de sortie est fixé à :

- 0.6 dans les limons
- 0.8 dans les autres matériaux (sables, graves et filtres) afin de tenir compte d'une éventuelle hétérogénéité des matériaux.

## 4. Critères de dimensionnement géotechniques

**Suffusion - Critère granulométrique concernant les matériaux de filtre (interne aux confortements), les matériaux de filtre doivent respecter le critère défini par Kenney and Lau (1985)**

## 5. Applications dans le cadre de la maîtrise d'œuvre

1. Application des critères de filtre et de suffusion aux matériaux de confortement
2. Vérification des objectifs et de stabilité mécanique et critère de gradient hydraulique sur la totalité de la digue confortée.
3. La largeur minimale du confortement est évidemment  $\geq 3\text{m}$  (largeur de compactage)
4. Les graves sableuses sont recomposées avec une coupure à 20 mm
5. L'ensemble des tronçons de digue homogène est analysé
6. Une largeur de digue de 4 m est préservée, avec un talus de 3H/2V pour les confortements coté val)

## 5. Applications dans le cadre de la maîtrise d'œuvre

8. Calcul de stabilité mécanique Talren avec niveau piézométrique en régime permanent.
9. Analyse paramétrique couplée Plaxflow – Talren (injection champ de pressions interstitielles) obtenues en régime transitoire

## 6. Conclusion : principaux intérêts de l'approche géotechnique

1. Approche du maître d'œuvre précédent : vente à l'extérieur du projet des graves et achat des matériaux d'apport
2. Approche actuelle : ré emploi des matériaux
3. Systématisme des critères de dimensionnement géotechniques, critère « fort » sur les matériaux filtre
4. En revanche, pas de traitement possible des limons/sablons de l'Isère, à cause de la présence de matières organique non triable.