

# CONTEXTE DU RHÔNE

## Le Rhône aménagé La gestion des ouvrages CNR en Crue

Journée d'information et d'échanges techniques – « Dignes et systèmes d'endiguement »

Robin NAULET – 25 septembre 2018

Barrage du Pouzin - Aménagement de la chute de Baix-Le-Logis-Neuf



## SOMMAIRE

### LE RHÔNE AMÉNAGÉ

- Un aménagement très ancien
- Les aménagements CNR
  - La concession du Rhône
  - 1938-1986 Etudes et réalisation
  - Choix techniques retenus – critères rigoureux de conception et de gestion
  - Schéma d'un aménagement type
  - Principe de construction des endiguements
  - Caractéristiques des endiguements « barrages » CNR

### LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

- Fonctionnement hors crue / en crue moyenne / en crue majeure
- Mobilisation du personnel CNR en crue
- Prévision et information des crues ?
- Capacité de stockage des crues ?
- Principaux modes de submersion des plaines inondables
- Les aménagements CNR ne sont pas des ouvrages de protection contre les inondations
- Principe du gain lié au refoulement aval
- Culture du risque inondation
- Surveillance et entretien des ouvrages et du lit du fleuve

### À RETENIR

### À TÉLÉCHARGER



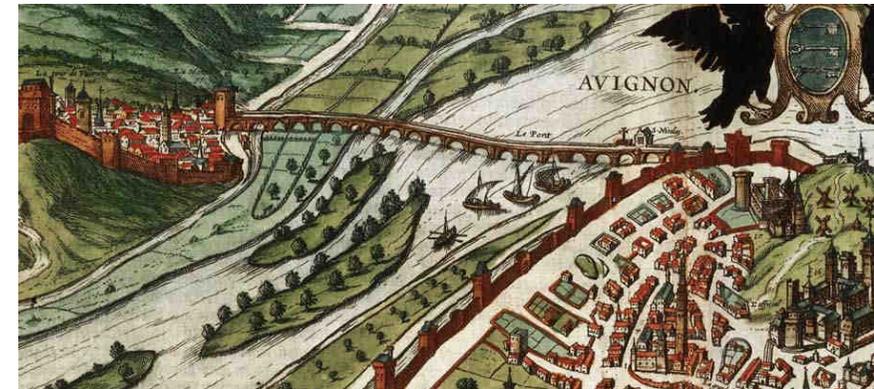
# LE RHÔNE AMÉNAGÉ

## Un aménagement très ancien

- Gués, bacs, ponts depuis l'époque romaine



Bac à Traille, Oullins



Pont Bénézet (construction 1177 -1185) - Extrait du plan aux personnages 16<sup>ème</sup> siècle - bibliothèque municipale d'Avignon



Pont de Rochemaure – Ing. Marc Séguin 1842 (rénov. 2013)





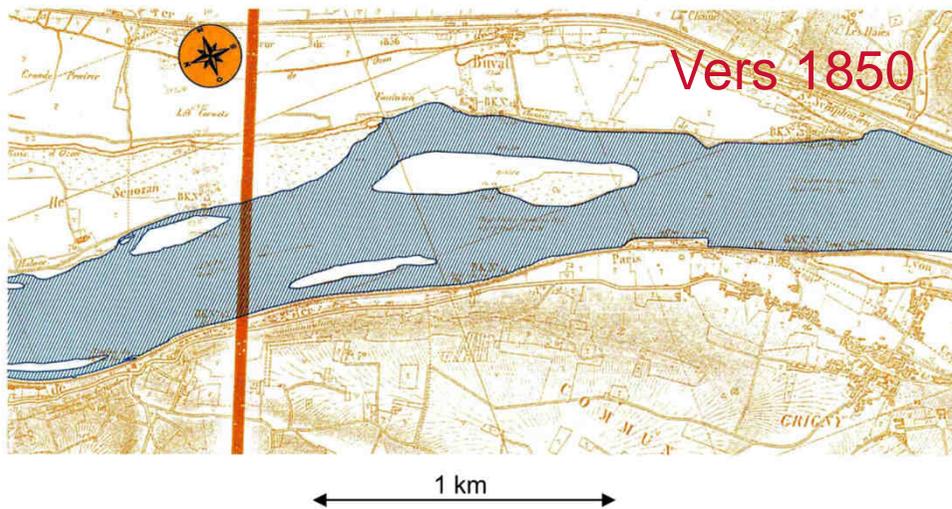
# LE RHÔNE AMÉNAGÉ



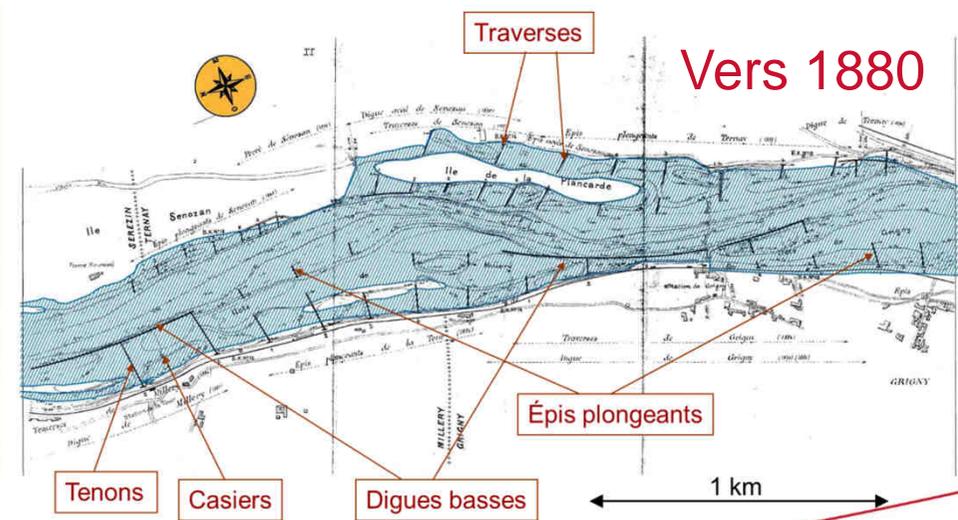
Alexandre Dubuisson- La remontée du Rhône  
1843- Musée des Beaux-Arts de Lyon

## Un aménagement très ancien

- Gués, bacs, ponts depuis l'époque romaine
- Dignes de protection contre les inondations construites par les riverains (au moins dès le XII<sup>ème</sup> siècle)
- Aménagements « à courant libre » pour la navigation de 1840 au début du XX<sup>ème</sup> (ouvrages « Girardon »)



Extrait de la carte des Ponts et Chaussées, Service Spécial du Rhône  
2<sup>ème</sup> moitié du 19<sup>ème</sup> siècle (16 km à l'aval de Lyon)



Implantation des ouvrages de chenalisation réalisés entre 1870 et 1887  
(extrait de la publication de M. Girardon, La Haye 1894)

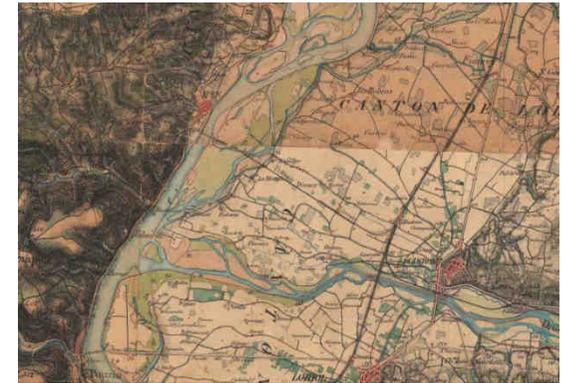
# LE RHÔNE AMÉNAGÉ

## Un aménagement très ancien

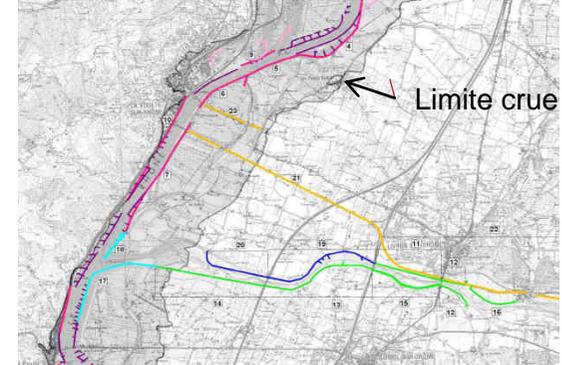
- Gués, bacs, ponts depuis l'époque romaine
- Dignes de protection contre les inondations construites par les riverains (au moins dès le XII<sup>ème</sup> siècle)
- Aménagements « à courant libre » pour la navigation de 1840 au début du XX<sup>ème</sup> (ouvrages « Girardon »)
- **Voies ferrées (Paris Lyon Marseille), routes**



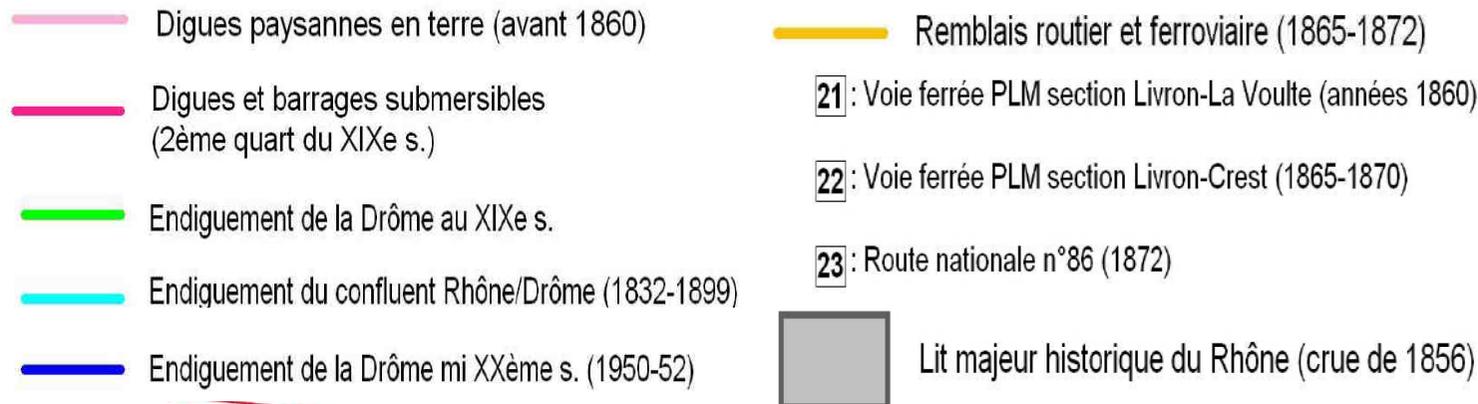
Confluence de la Drôme, Carte de Cassini, 1777 (géoportail)



Confluence de la Drôme, Carte d'état-major, 1820-1866 (géoportail)



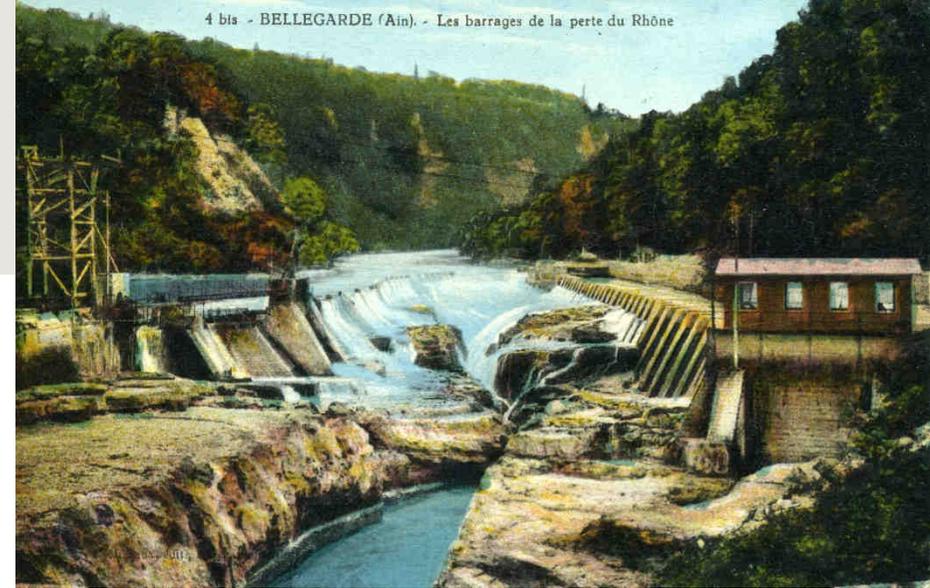
Extrait de l'étude sur l'inondabilité de la plaine alluviale du Rhône dans le secteur d'Etoile-Livron  
Jean-Paul BRAVARD, Claire COMBE (2009)



# LE RHÔNE AMÉNAGÉ

## Un aménagement très ancien

- Gués, bacs, ponts depuis l'époque romaine
- Dignes de protection contre les inondations construites par les riverains (au moins dès le XII<sup>ème</sup> siècle)
- Aménagements « à courant libre » pour la navigation de 1840 au début du XX<sup>ème</sup> (ouvrages « Girardon »)
- Voies ferrées (Paris Lyon Marseille), routes
- « La houille blanche » - Premiers aménagements hydroélectriques



Centrale hydroélectrique des **Forces Motrices au niveau des Pertes du Rhône** (Bellegarde), mise en service en 1873, noyé à la mise en service du barrage de Génissiat en 1948.



Centrale hydroélectrique de Cusset, mise en service en 1899

reproduction d'une affiche pour l'édition originale de « La construction du canal de Jonage », La luiraz, 1992



## LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR



# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR

## La concession du Rhône

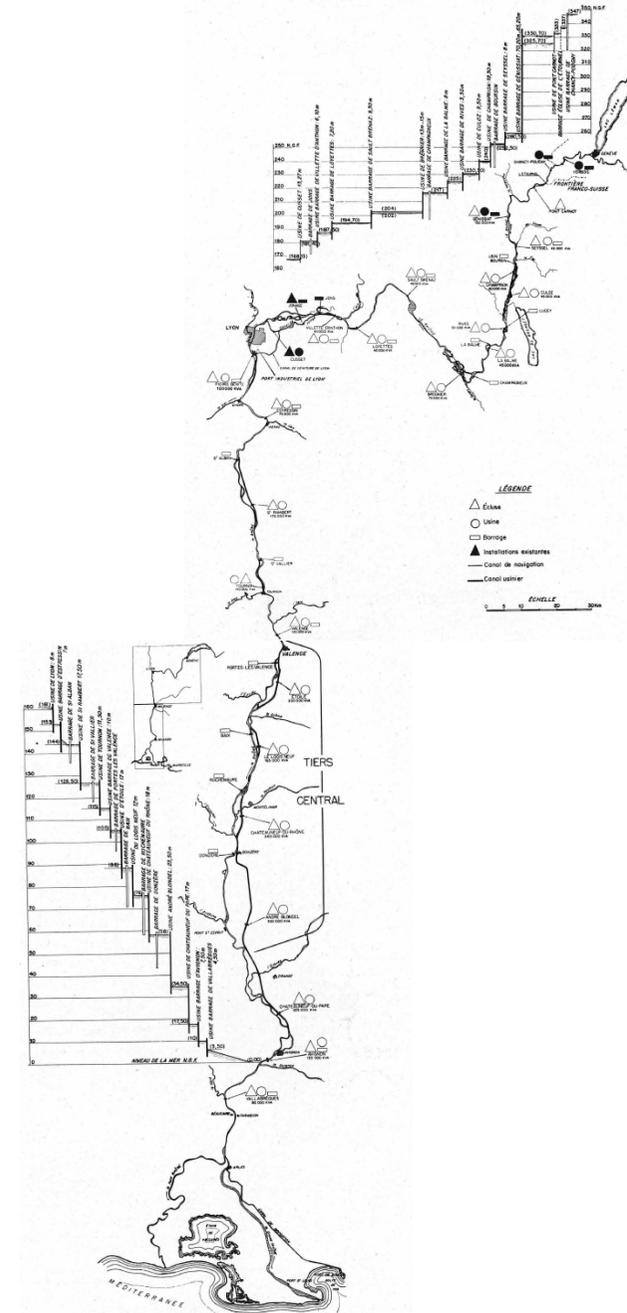
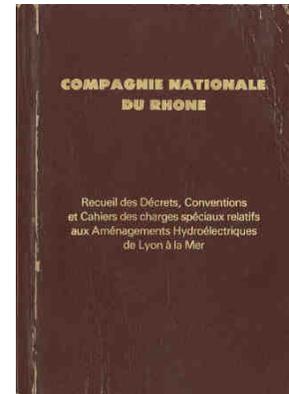
- **Concession unique issue de la loi du 27 mai 1921**

*approuvant le programme des travaux d'aménagement du Rhône de la frontière suisse à la mer au triple point de vue des forces motrices, de la navigation et des irrigations et autres utilisations agricoles*

- **Cahier des Charges Général (CCG)** annexé à la Convention de concession du 20/12/1933, convention approuvée par décret du 05/01/1934 et modifiée par 8 avenants (dernier le 16 juin 2003)

- **18 Cahiers des Charges Spéciaux (CCS)** spécifiques à l'aménagement de chacune des chutes

- **Un programme global**
- **3 missions solidaires** confiées par l'État :



Extrait du numéro spécial de la Houille Blanche - Génissiat, 1950



# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR



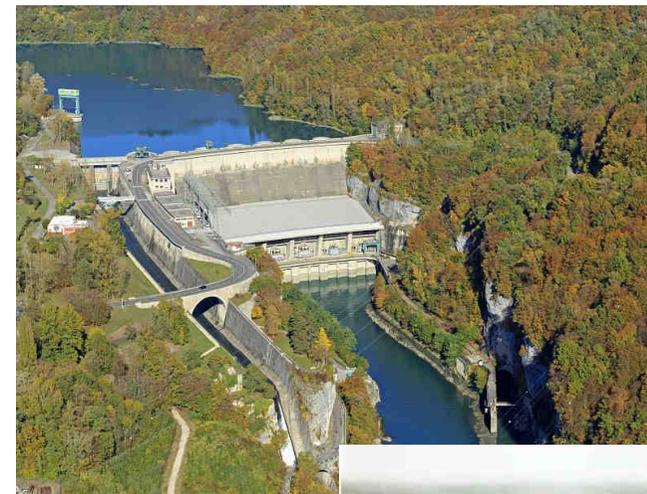
## 1938-1986 :

- études et réalisations des aménagements avec une **logique de rentabilité**

1948-1951

Mise en service :

Années 50 : 4



**Génissiat, 1948**  
 Seul aménagement de moyenne chute (64 m)  
 Turbines Francis à axe vertical  
 Productible 1 786 GWh / an

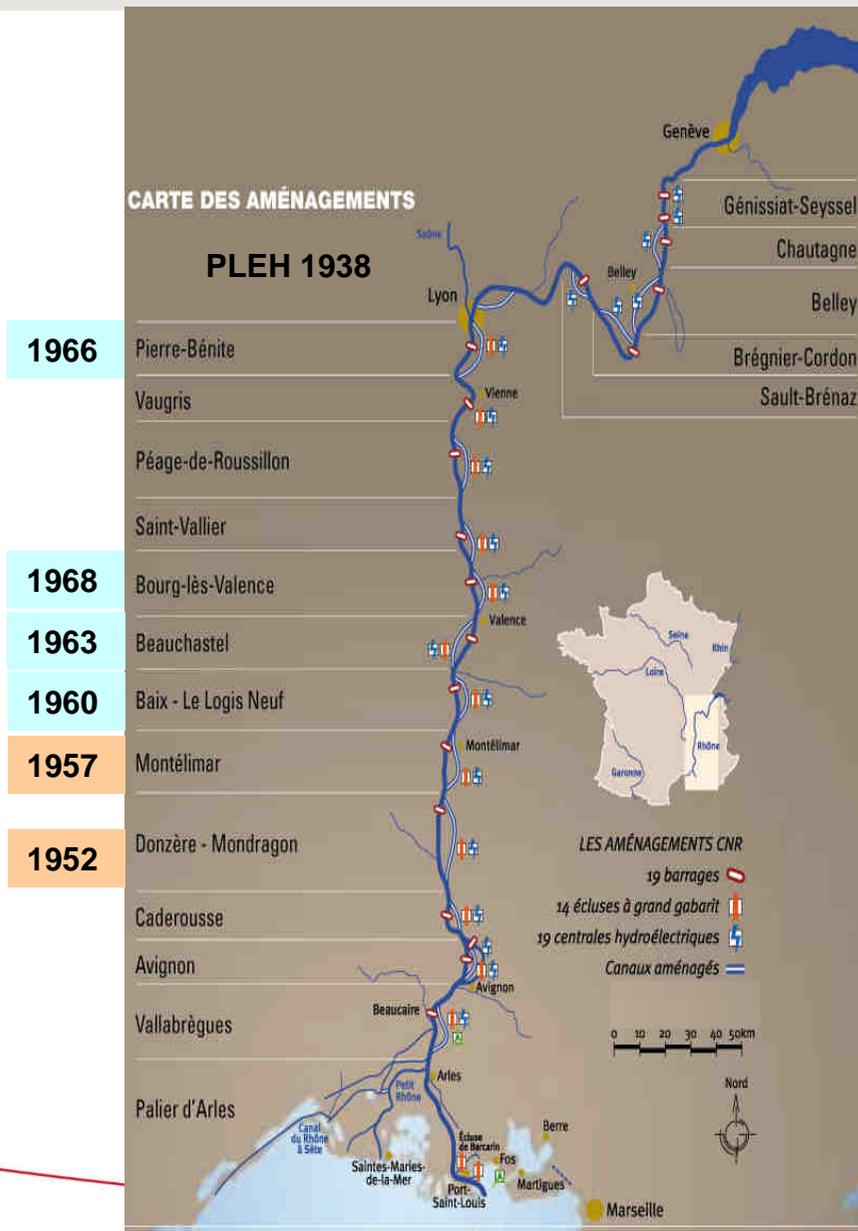
1957

1952

**Donzère-Mondragon, 1952**  
 Aménagement « fil de l'Eau », basse chute (23 m)  
 Turbines Kaplan à axe vertical  
 Productible 2 000 GWh / an



# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR



## 1938-1986 :

- études et réalisations des aménagements avec une **logique de rentabilité**

Mise en service :

Années 50 : 4

Années 60 : 4



**Bourg-les-valence, 1968**  
Hauteur de chute 12 m  
Turbines Kaplan à axe vertical  
Productible 1 082 GWh / an

# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR



1966

Pierre-Bânite  
Vaugris

1977

Péage-de-Roussillon

1971

Saint-Vallier

1968

Bourg-lès-Valence

1963

Beauchastel

1960

Baix - Le Logis Neuf

1957

Montélimar

1952

Donzère - Mondragon

1975

Caderousse

1973

Avignon

1970

Vallabrègues

1974

Palier d'Arles

1948-1951

**1938-1986 :**

- études et réalisations des aménagements avec une **logique de rentabilité**

Mise en service :

Années 50 : 4

Années 60 : 4

Années 70 : 6



**Vallabrègues, 1970**  
Hauteur de chute 12 m  
Groupes Bulbes  
Productible 1 269 GWh / an



# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR



## 1938-1986 :

- études et réalisations des aménagements avec une **logique de rentabilité**

Mise en service :

Années 50 : 4

Années 60 : 4

Années 70 : 6

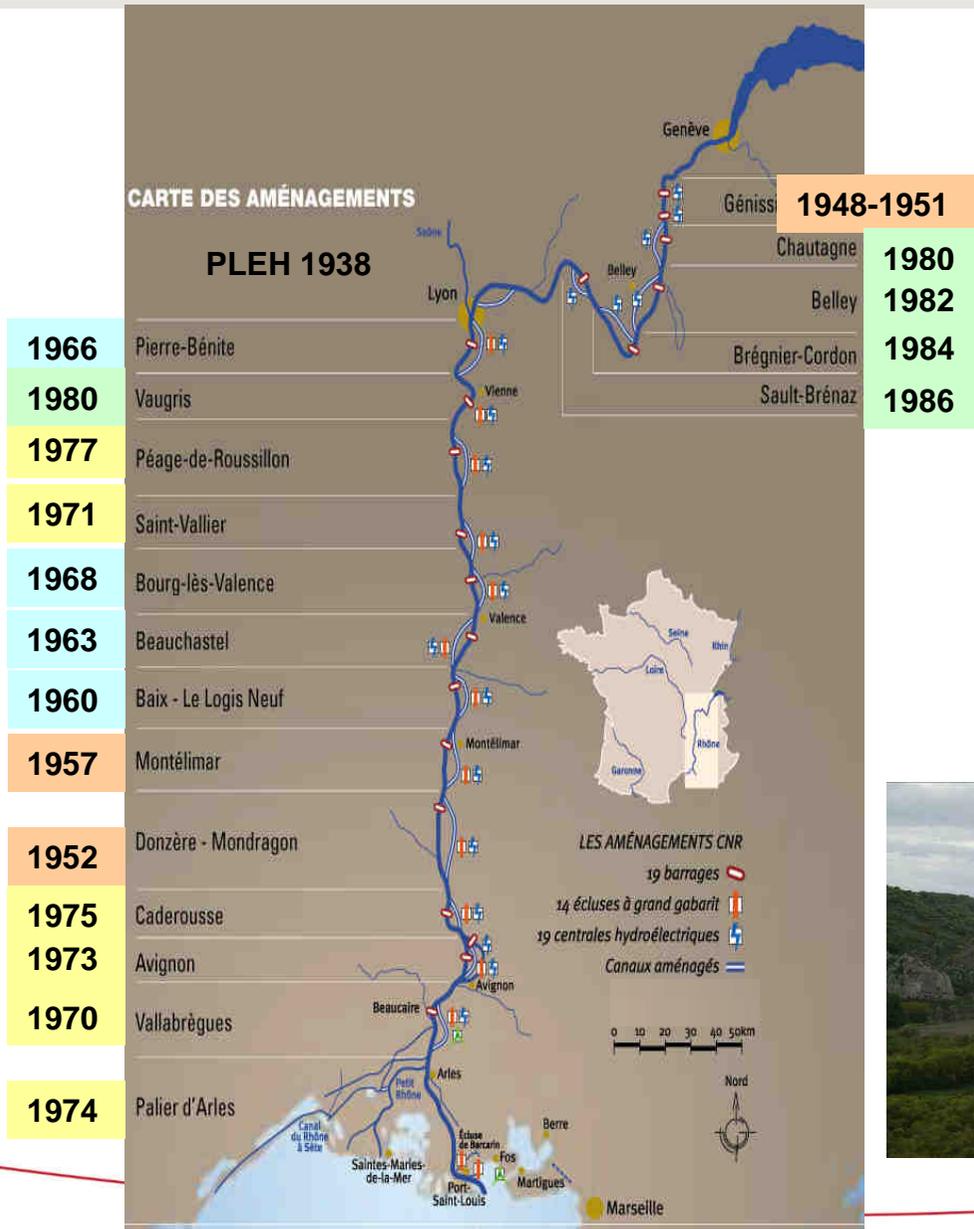
Années 80 : 5



**Sault-Brénaz, 1986**  
Hauteur de chute 7.5 m  
Groupes Bulbes  
Productible 249 GWh / an



# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR



## Un Programme d'ensemble :

- conçu selon volonté partagée avec les élus

## Un aménagement type :

- Une figure imposée par la géographie et adaptée à l'activité de la vallée :

**Aménagement au fil de l'eau en paliers**



**successifs plutôt que 2 ou 3 barrages de gros volume**



Défilé de Donzère



Usine de Bollène – écluse

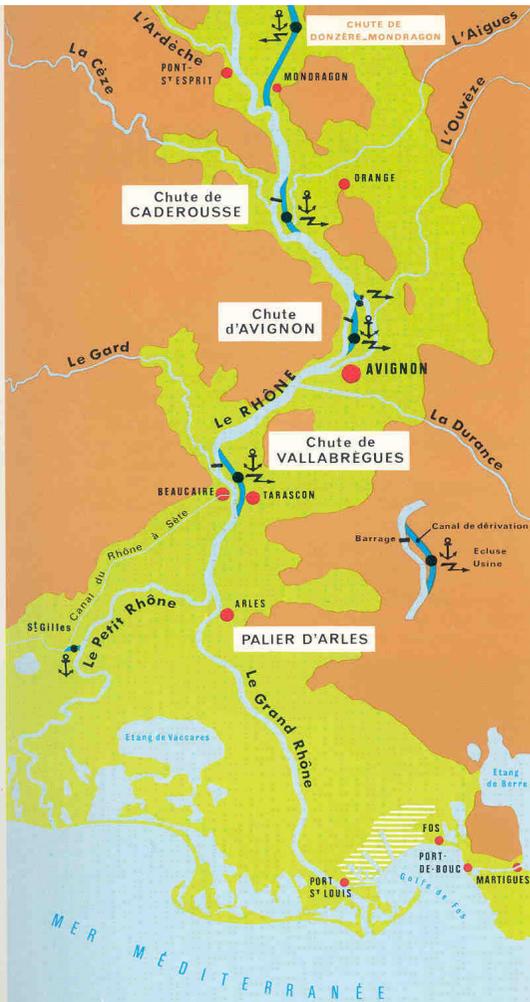


# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR

## Choix techniques retenus :

- Aménagement avec dérivation et restitution au fleuve favorisés par les épanouissements de la vallée
- Aménagement de basse chute au fil de l'eau préservant les plaines naturellement inondables préexistantes
- Retenue limitée par des endiguements latéraux et un barrage pour dériver l'eau vers l'usine et l'écluse

➔ La dimension des retenues est insignifiante face à la puissance des crues du Rhône, elles ne peuvent retenir les crues qui submergent les plaines naturellement inondables



# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR



Modélisation physique à fond mobile



Modélisation mathématique

## Critères rigoureux de conception et de gestion :

- Respect des caractéristiques de la vallée
- Economie de l'espace
- objectif prioritaire et incontournable :

**la neutralité vis-à-vis des crues :** « non aggravation des niveaux de crue par rapport à la situation préexistante immédiatement avant aménagement »

- Débit de projet fixé dans les 18 Cahier des Charges Spéciaux

**Les solutions retenues sont souvent le résultat d'ajustements et d'études complémentaires fruits des enquêtes publiques ou à la demande des services de l'Etat**

# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR

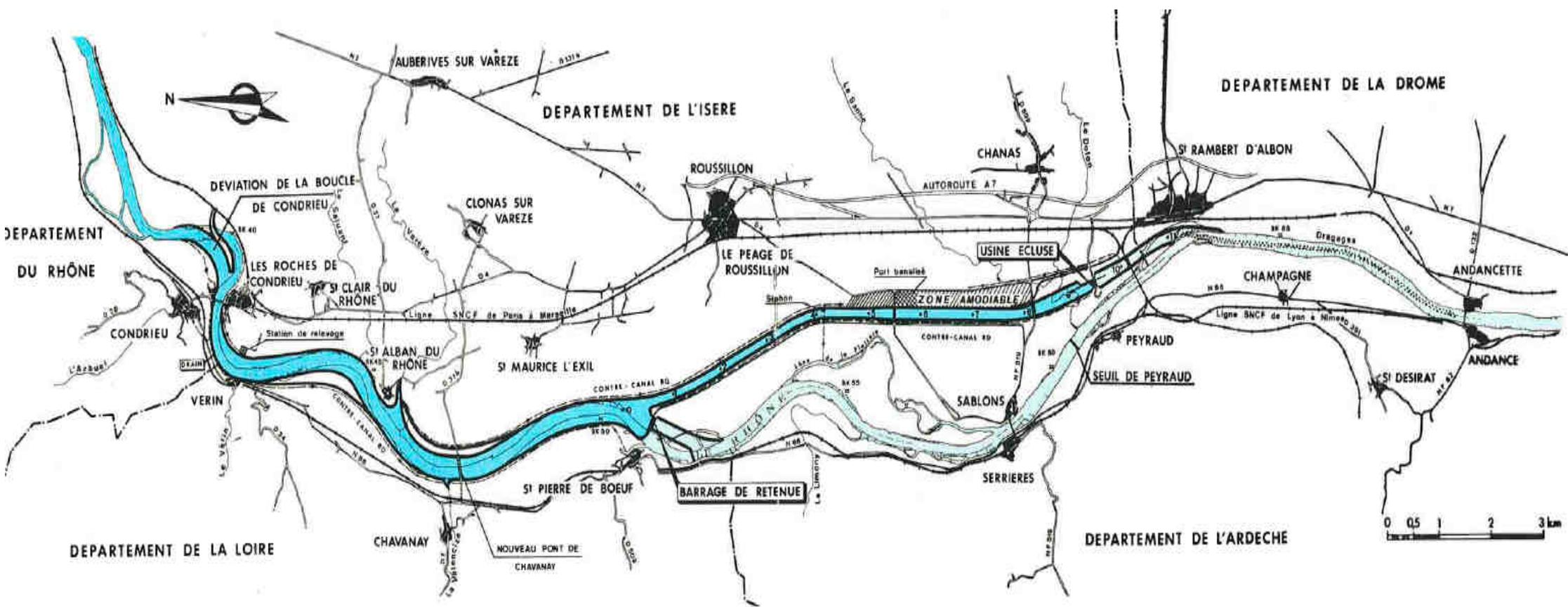
## Schéma d'un aménagement type



**Le Rhône – 1950 - Secteur du Péage-de-Roussillon**

# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR

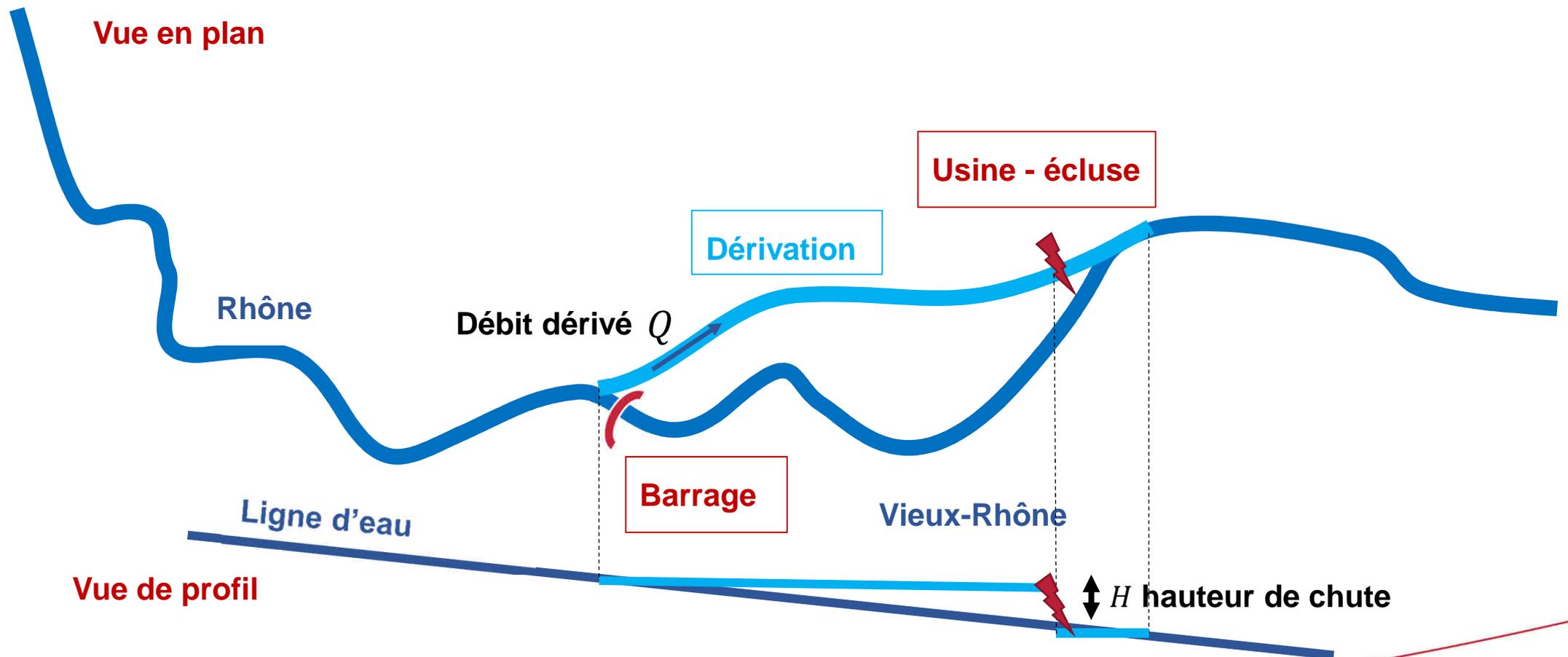
## Schéma d'un aménagement type



Aménagement du Péage-de-Roussillon (1977 - mise en service de la dérivation)

# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR

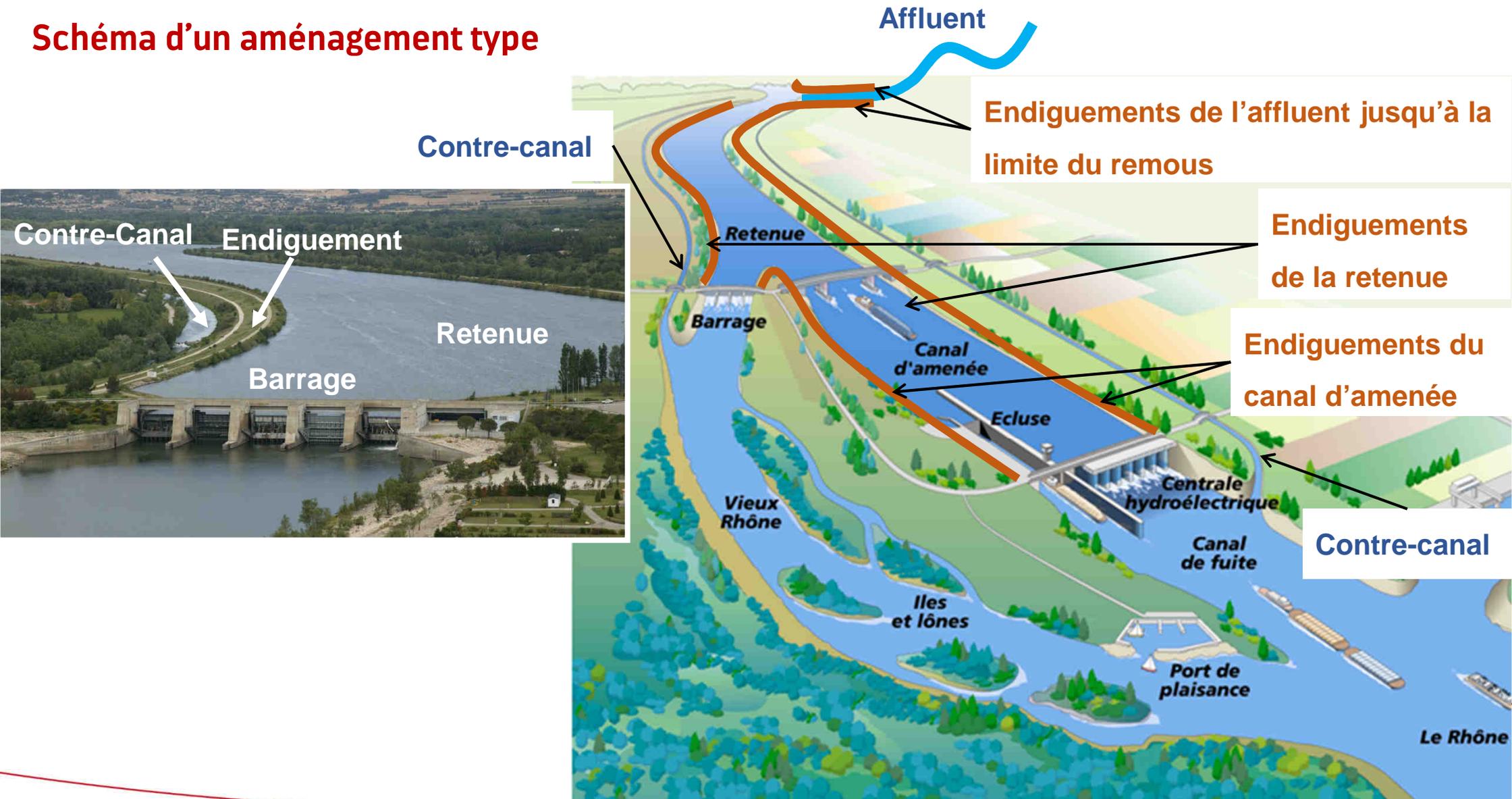
## Schéma d'un aménagement type



Puissance Hydraulique Brute (kW) :  $P = 9.81 \times Q \times H$

# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR

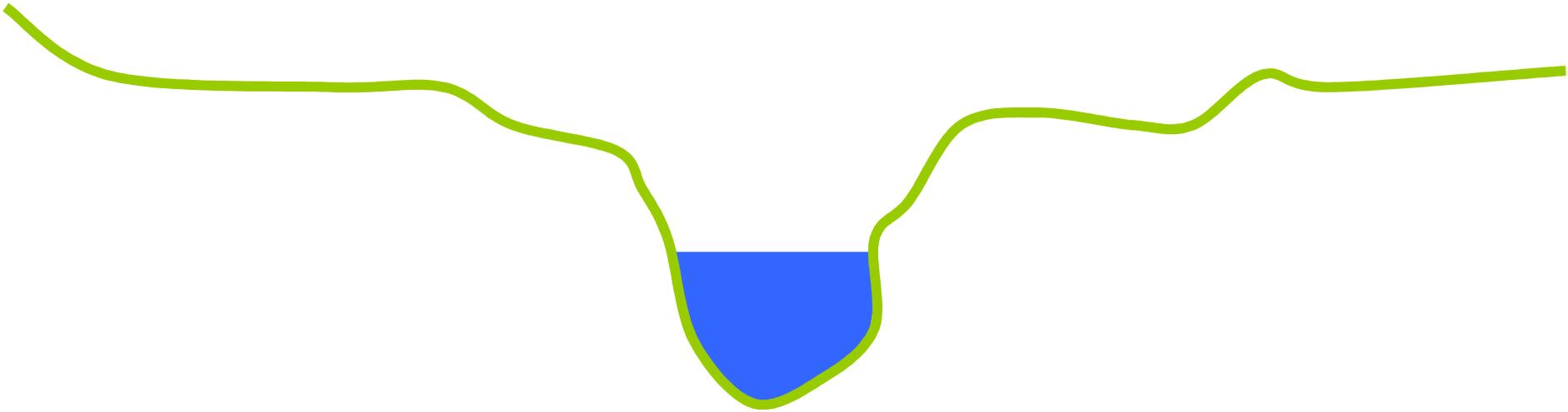
## Schéma d'un aménagement type



# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR

## Principe de construction des endiguements

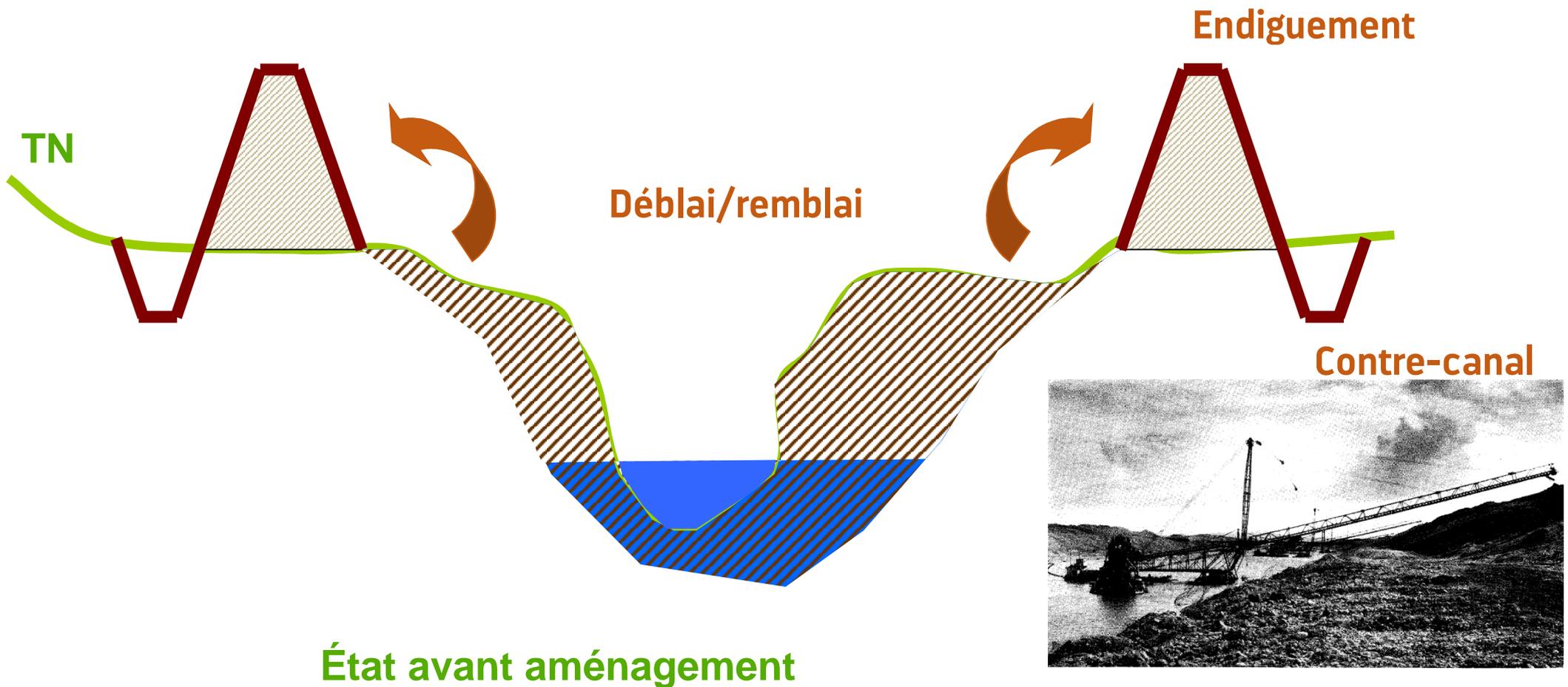
TN



État avant aménagement

# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR

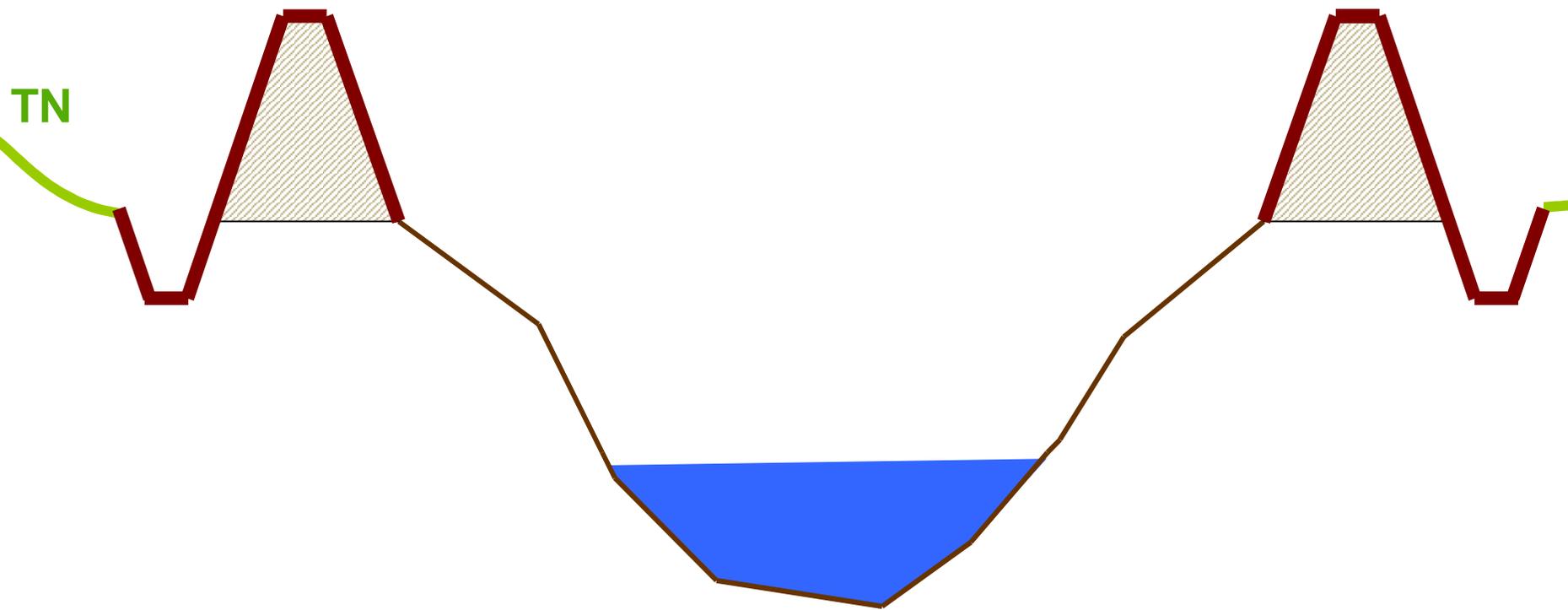
## Principe de construction des endiguements



Construction de la dérivation de Donzère-Mondragon

# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR

## Principe de construction des endiguements

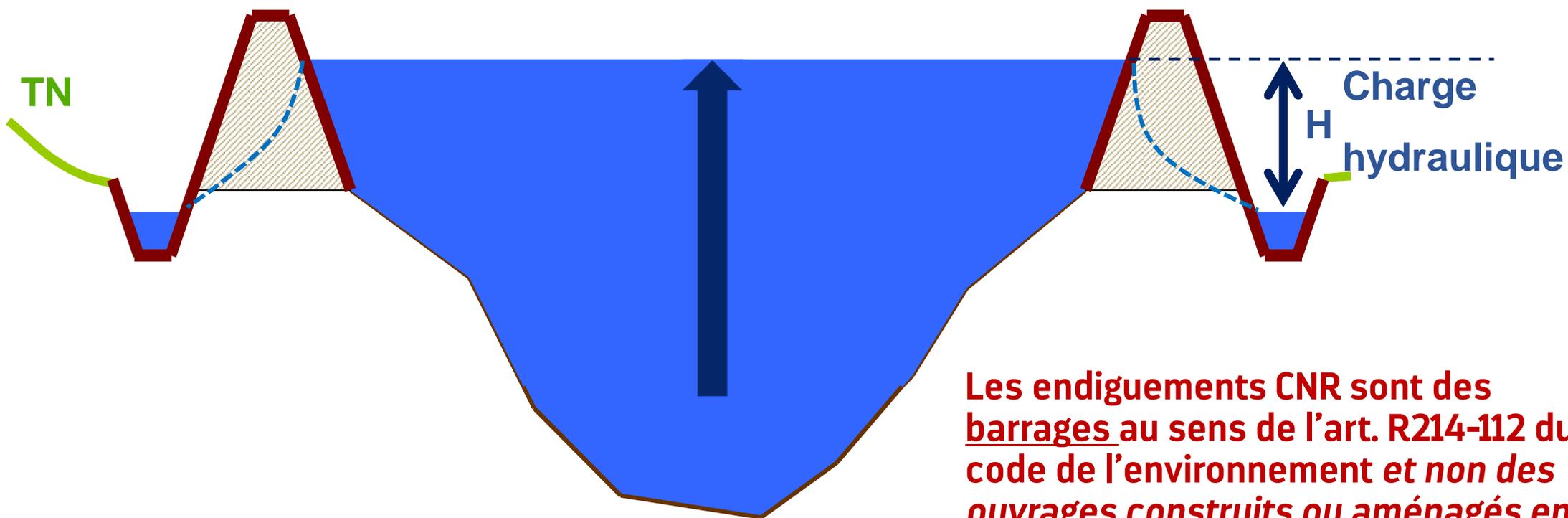


État avant aménagement

État après aménagement

# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR

## Principe de construction des endiguements



État avant aménagement

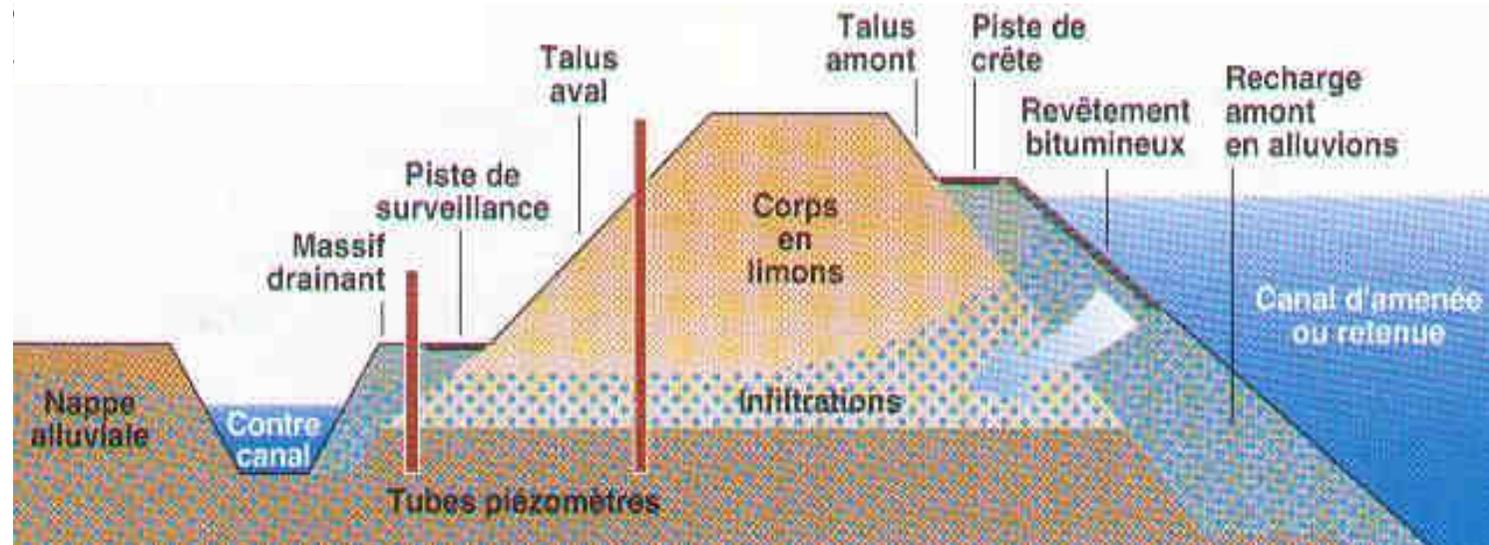
État après aménagement

Mise en eau

Les endiguements CNR sont des barrages au sens de l'art. R214-112 du code de l'environnement et *non des ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations (R562-12)*

# LE RHÔNE AMÉNAGÉ - Les aménagements CNR

## Caractéristiques des endiguements « barrages » CNR



Tube piézométrique

- Charge hydraulique faible : **4 à 20 m**
- Matériaux de constitution sont ceux du site :
  - Sables, graviers et galets
  - Matériaux fins, limons, silts et argiles
- Ces ouvrages sont **PERMEABLES** :
  - Drainage aval par drain ou contre-canal



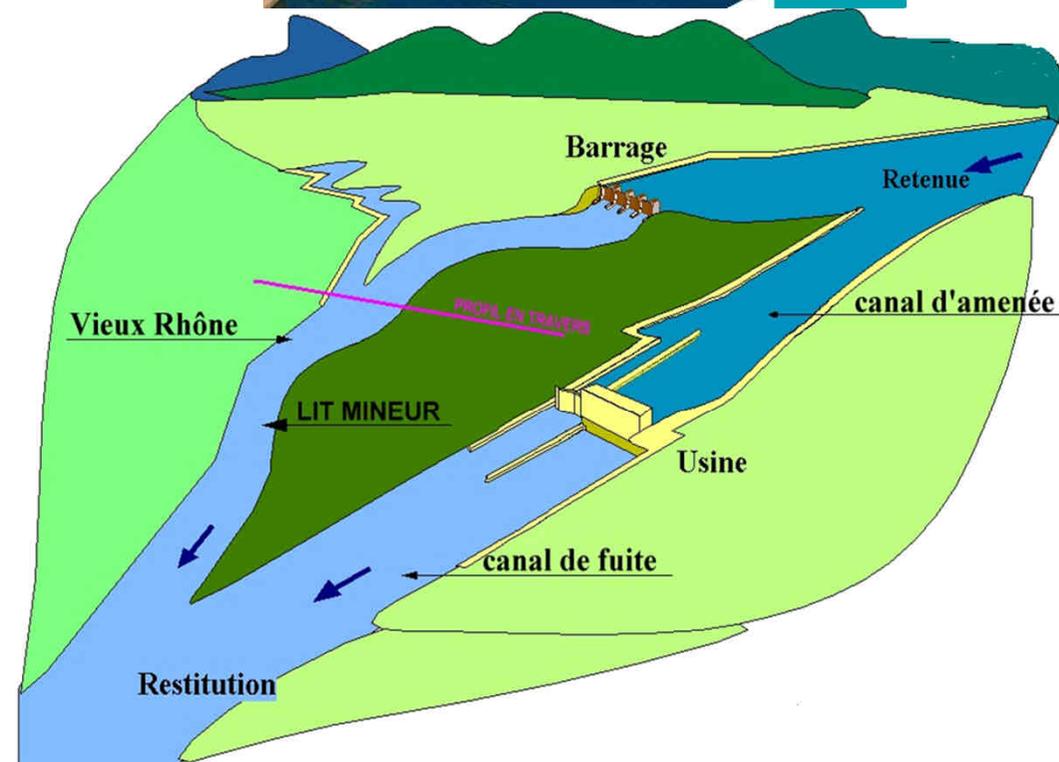
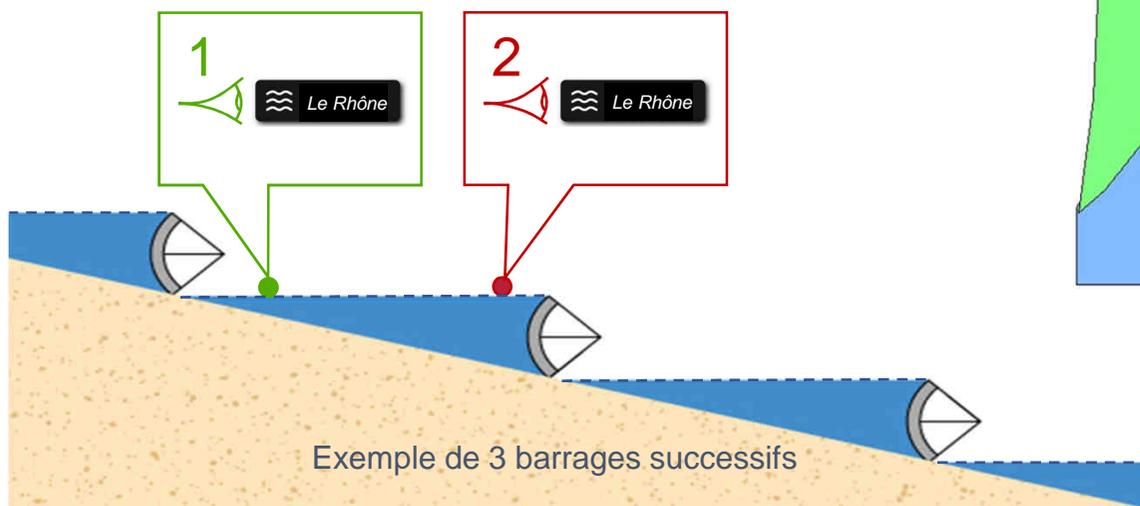
## **LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE**



# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

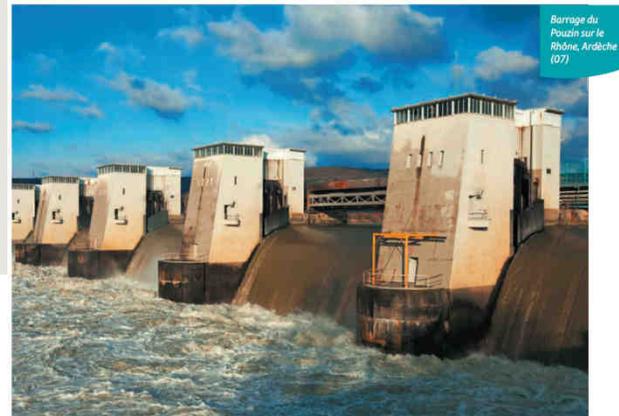
## Fonctionnement hors crue

- L'eau passe en priorité par l'usine dans la limite du débit pour lequel elle a été dimensionnée.
- Le débit réservé nécessaire pour alimenter le vieux Rhône passe au barrage et/ou dans la PCH associée.



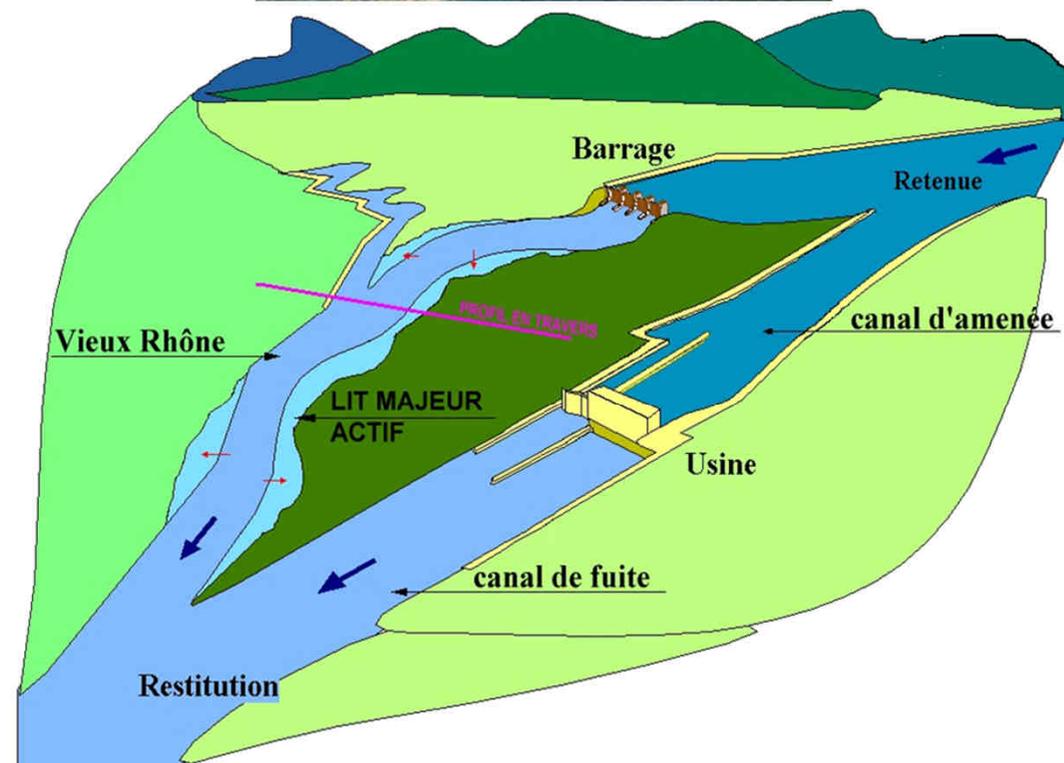
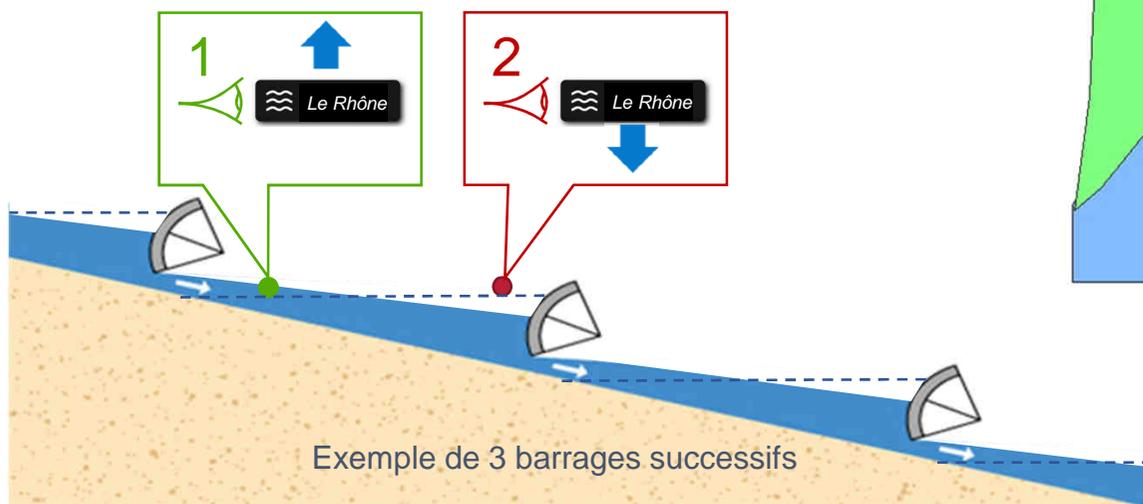
- La hauteur de chute d'eau est maximale et les plans d'eau sont presque horizontaux.

# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE



## Fonctionnement en crue moyenne

- Le barrage commence à s'ouvrir pour faire passer les débits excédant la capacité de l'usine.
- Les plans d'eau retrouvent progressivement leurs pentes naturelles. Les hauteurs de chute au droit de l'usine sont plus faibles.



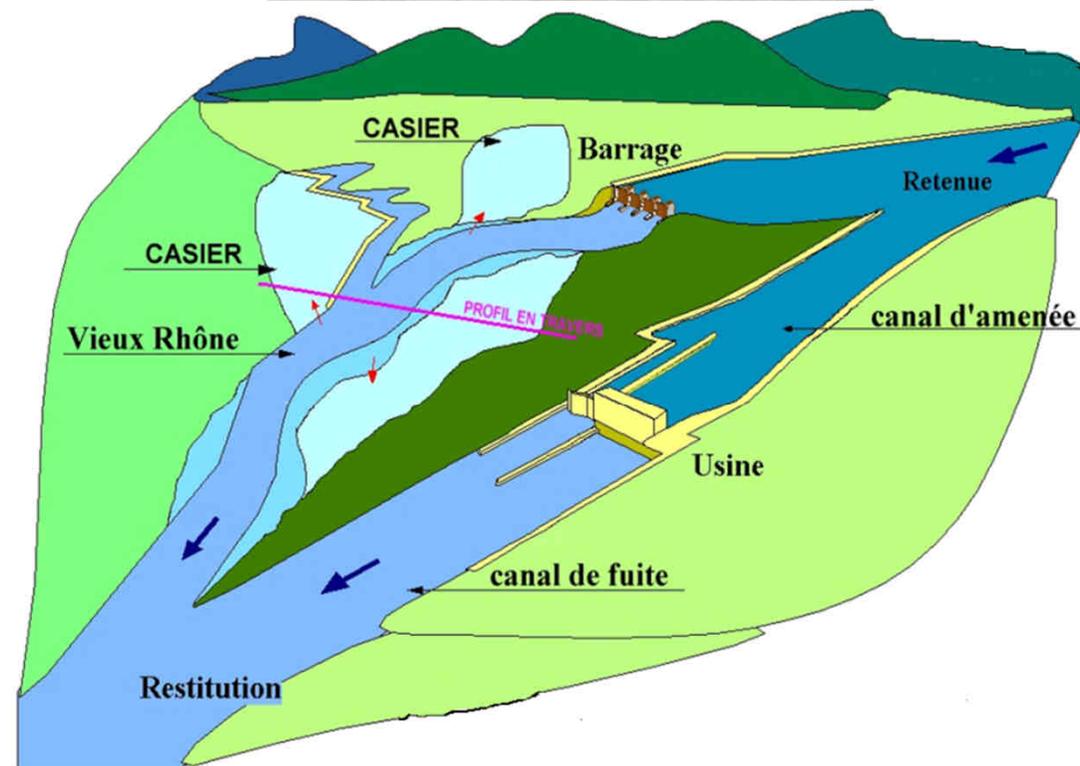
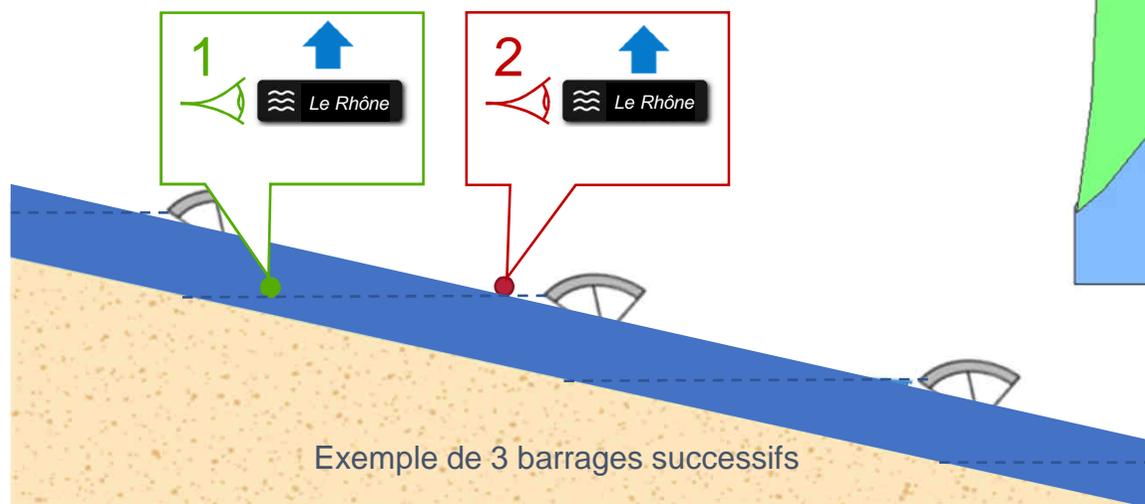
- Les zones submersibles naturelles du Rhône commencent à s'inonder.

# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE



## Fonctionnement en crue majeure

- Le barrage s'ouvre de plus en plus, voire complètement.
- Les plans d'eau retrouvent la pente naturelle du fleuve. Le débit usine peut être réduit du fait de la disparition de la chute et des opérations de dégrillage.



- Toutes les zones submersibles naturelles préservées par l'aménagement s'inondent progressivement.

# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

## Mobilisation du personnel CNR en crue au niveau des aménagements, des directions territoriales et du siège

- En cas de forte crue, mise en place d'un service de quart pour la conduite manuelle dans les aménagements.
- Jaugeages, relevés de ligne d'eau, laisses de crues, photos aériennes,...
- Surveillance renforcée des ouvrages et des dispositifs de mesure (ronde au barrage, contrôle de la disponibilité des organes, cohérence des cotes, visite de l'ensemble des ouvrages suivant le parcours VTA,...)
- En cas de situation exceptionnelle , cellule de crise au siège chargée de coordonner, avec l'appui de l'ensemble des experts métier, la gestion de l'évènement en relation avec les services de l'Etat (Préfet de département ou de zone de défense et de sécurité).



# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

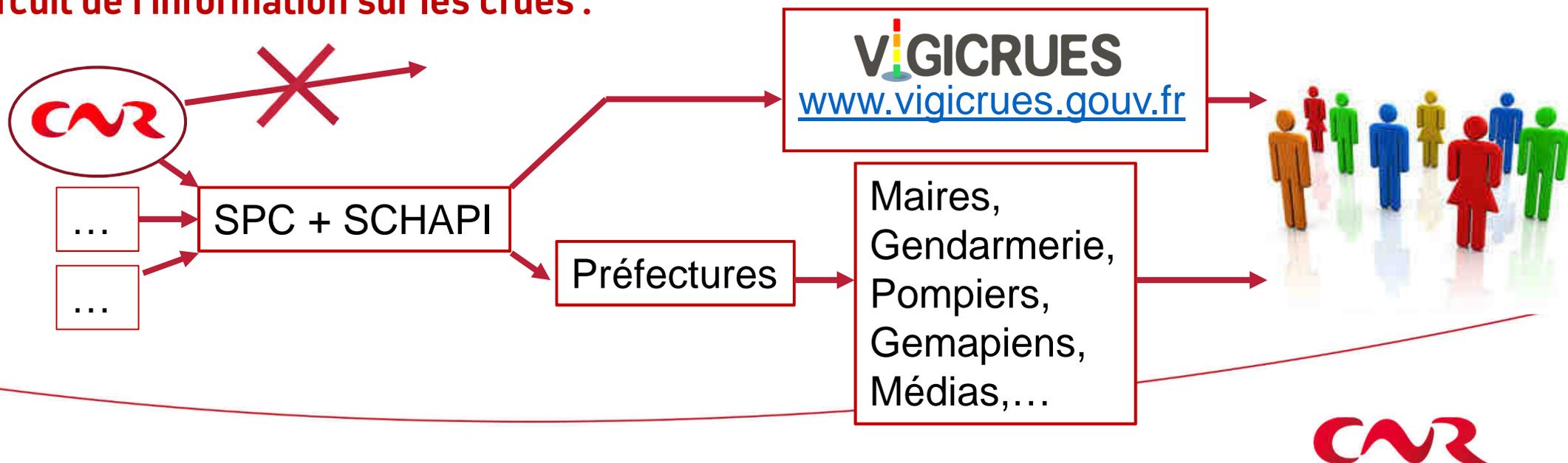
## Prévision et information des crues ?

CNR n'a pas de mission en lien avec l'organisation de la surveillance, de la prévision et de l'information sur les crues – mission qui relève de l'Etat (Art. L564-1 CE)

**CNR participe au dispositif public de prévision des crues, en mettant à disposition des Services de Prévision des Crues (SPC) :**

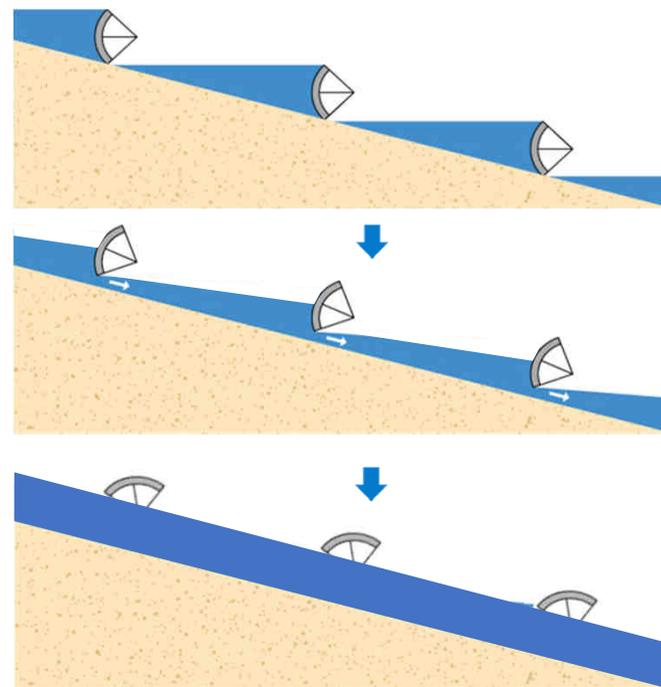
- ses données hydrométriques (niveaux et de débits de son réseau de mesures).
- sa propre expertise en matière de prévision (outils et prévision).

## Circuit de l'information sur les crues :



# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

## Capacité de stockage des crues ?



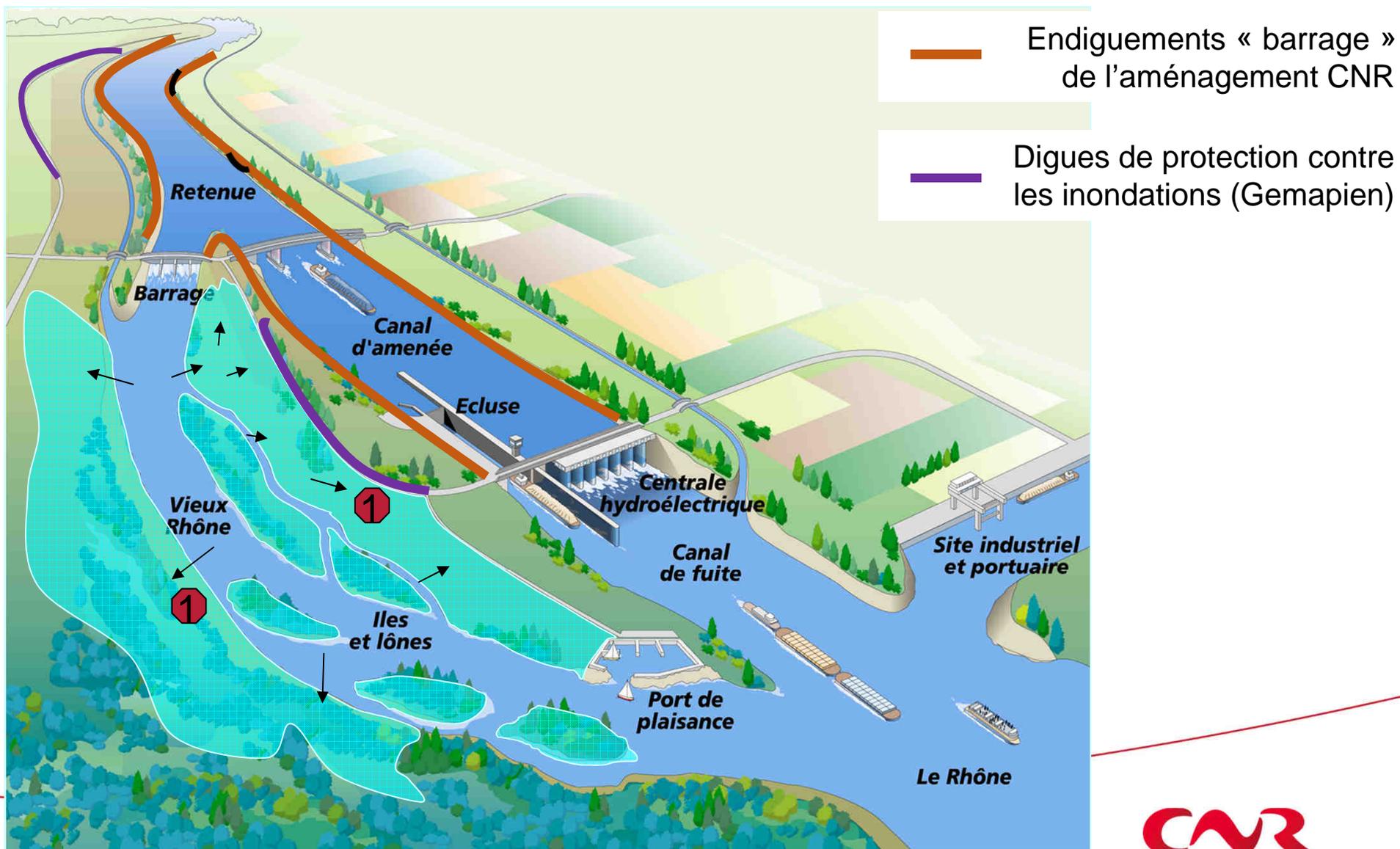
Par conception les aménagements au fil de l'eau CNR n'ont pas de capacité de stockage

Ils n'ont donc pas été conçus pour contenir la crue ou la réduire.

Mais une conception qui préserve le rôle écrêteur des plaines naturellement inondables préexistantes pour garantir le principe de neutralité.

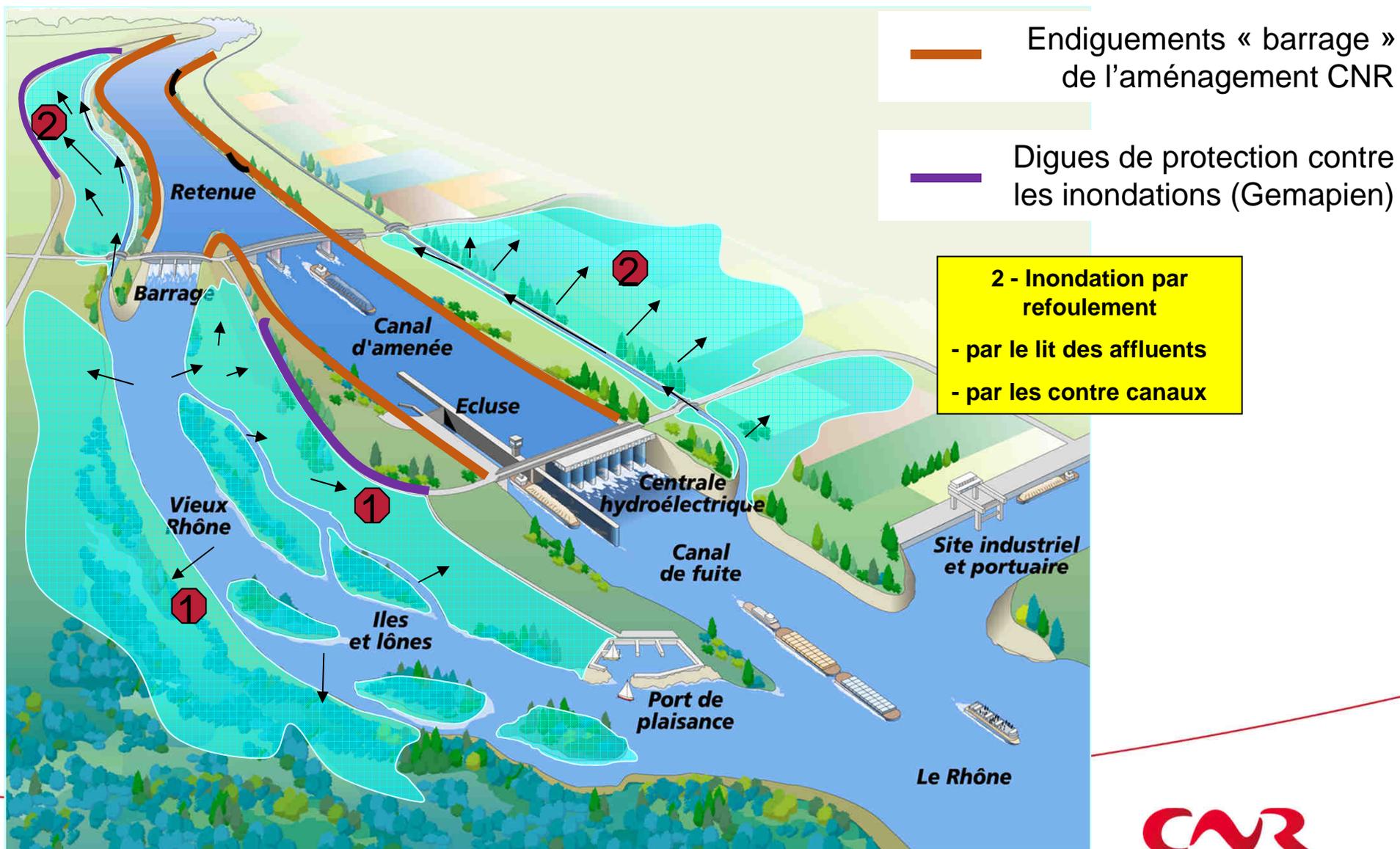
# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

## Principaux modes de submersion des plaines inondables



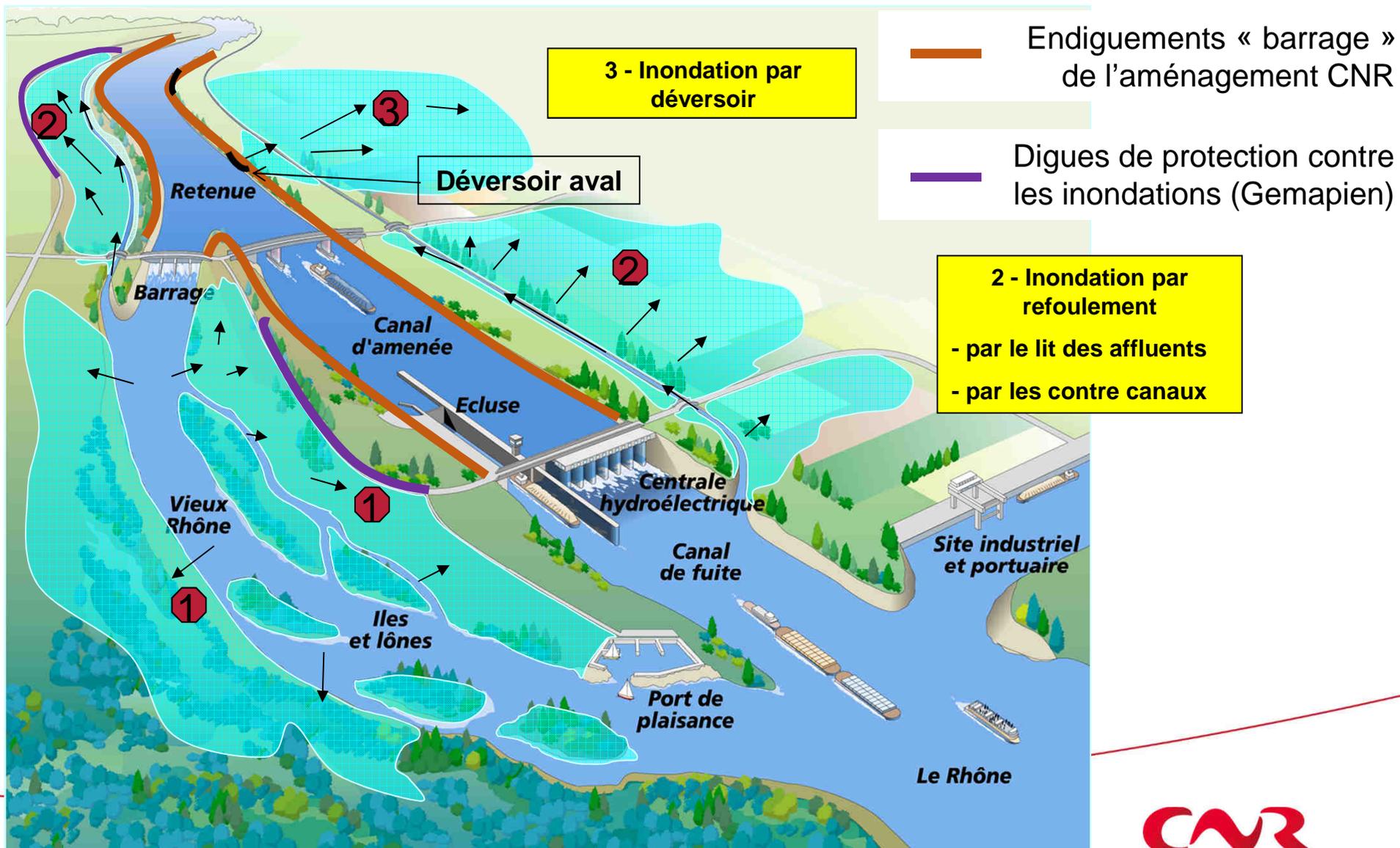
# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

## Principaux modes de submersion des plaines inondables



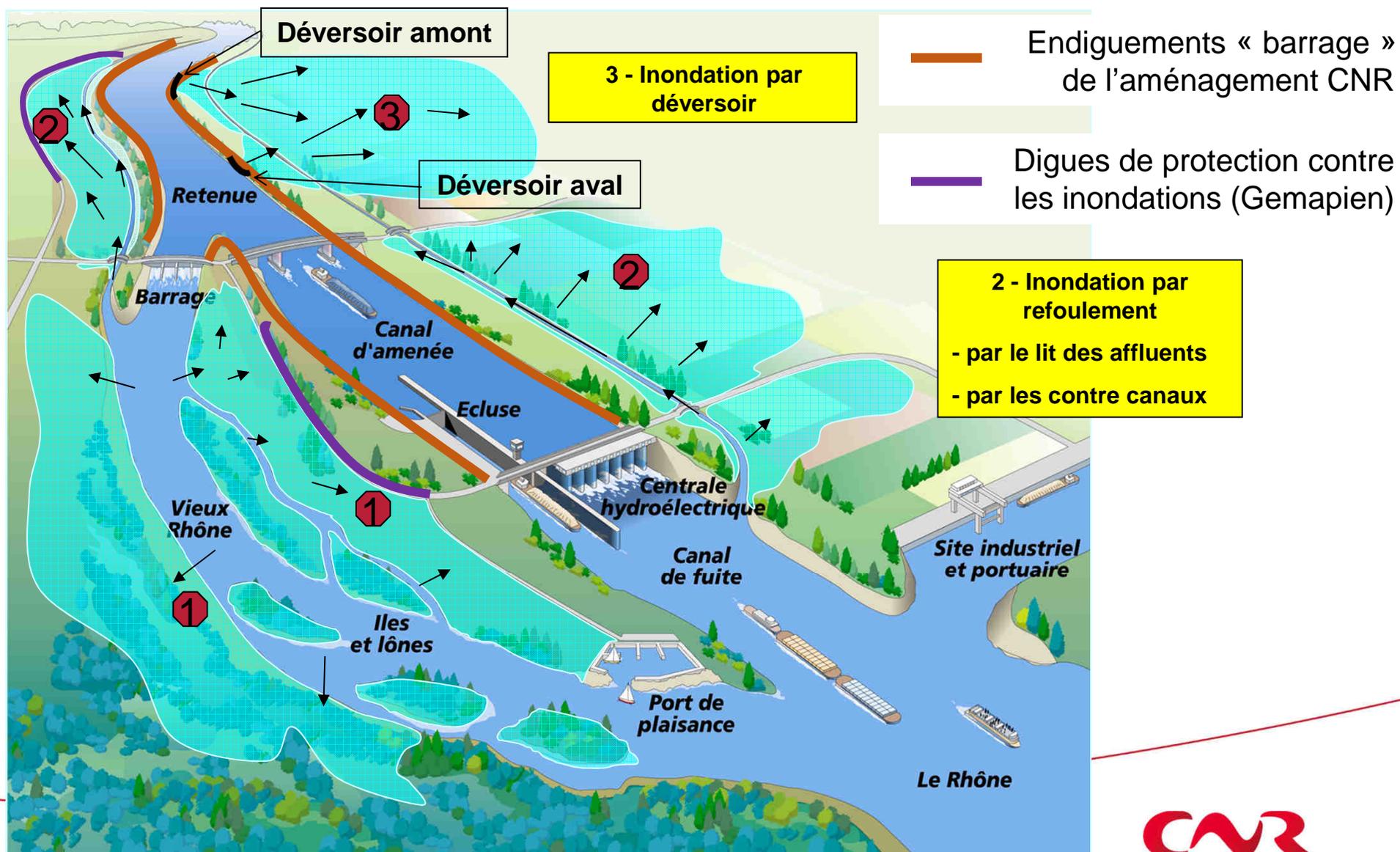
# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

## Principaux modes de submersion des plaines inondables



# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

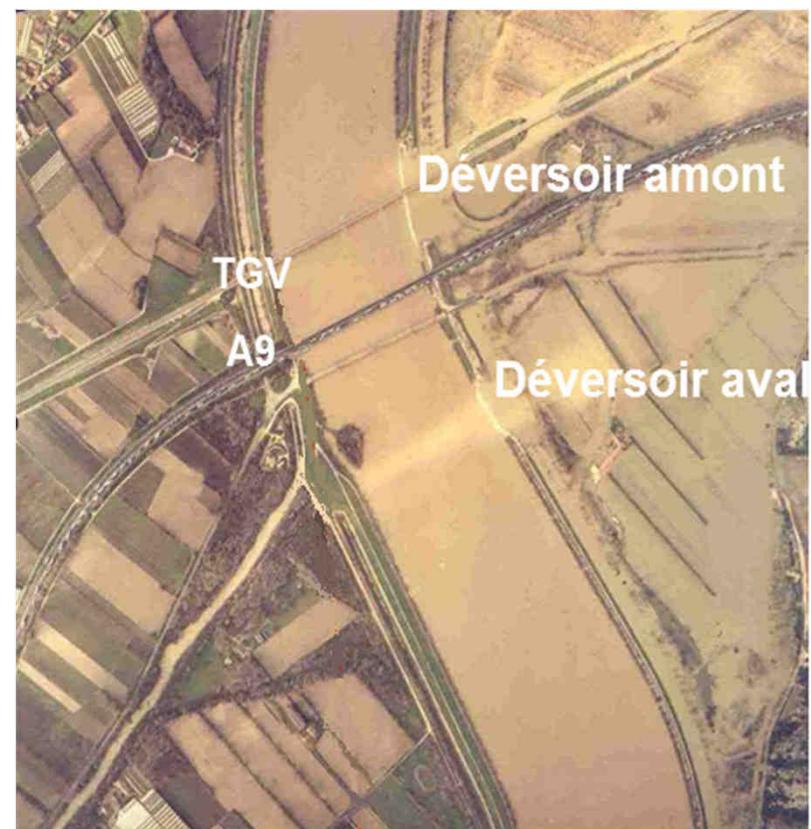
## Principaux modes de submersion des plaines inondables



# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

**Les aménagements CNR ne sont pas des ouvrages de protection contre les inondations, CNR n'a pas de mission en lien avec la protection contre les inondations**

- **Les aménagements CNR préservent le rôle écrêteur des plaines naturellement inondables préexistantes lors des crues importantes.**
- **Des zones inondables sollicitées à des débits parfois plus élevés qu'avant la construction de l'aménagement (inondation moins fréquente),**
- **Une sollicitation des zones inondables préférentiellement par refoulement aval :**
  - **réduction importante des vitesses d'écoulement,**
  - **abaissement du niveau de submersion,**



Déversoirs plaine de Caderousse – 12/2003

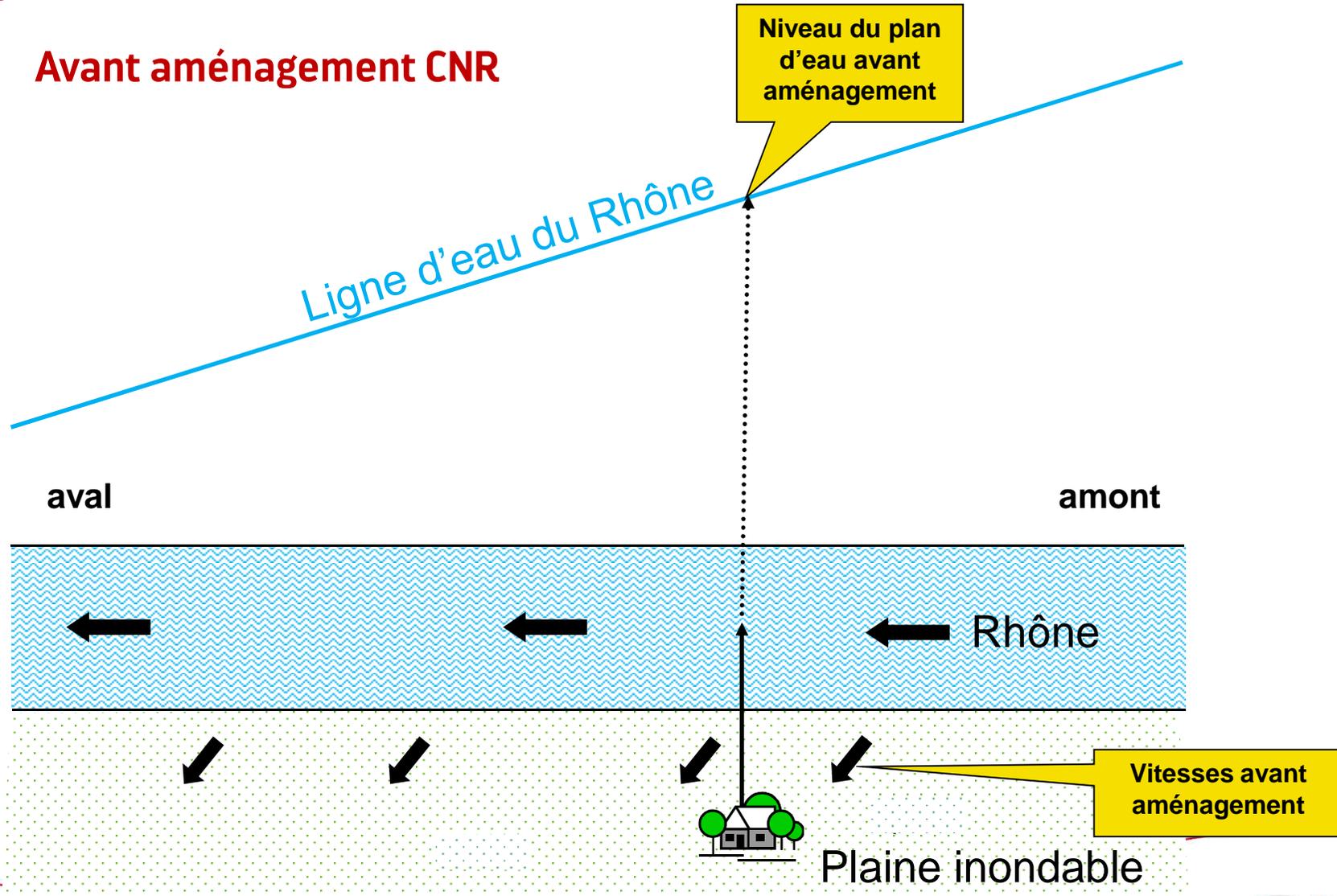
# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

## Principe du gain lié au refoulement aval

Avant aménagement CNR

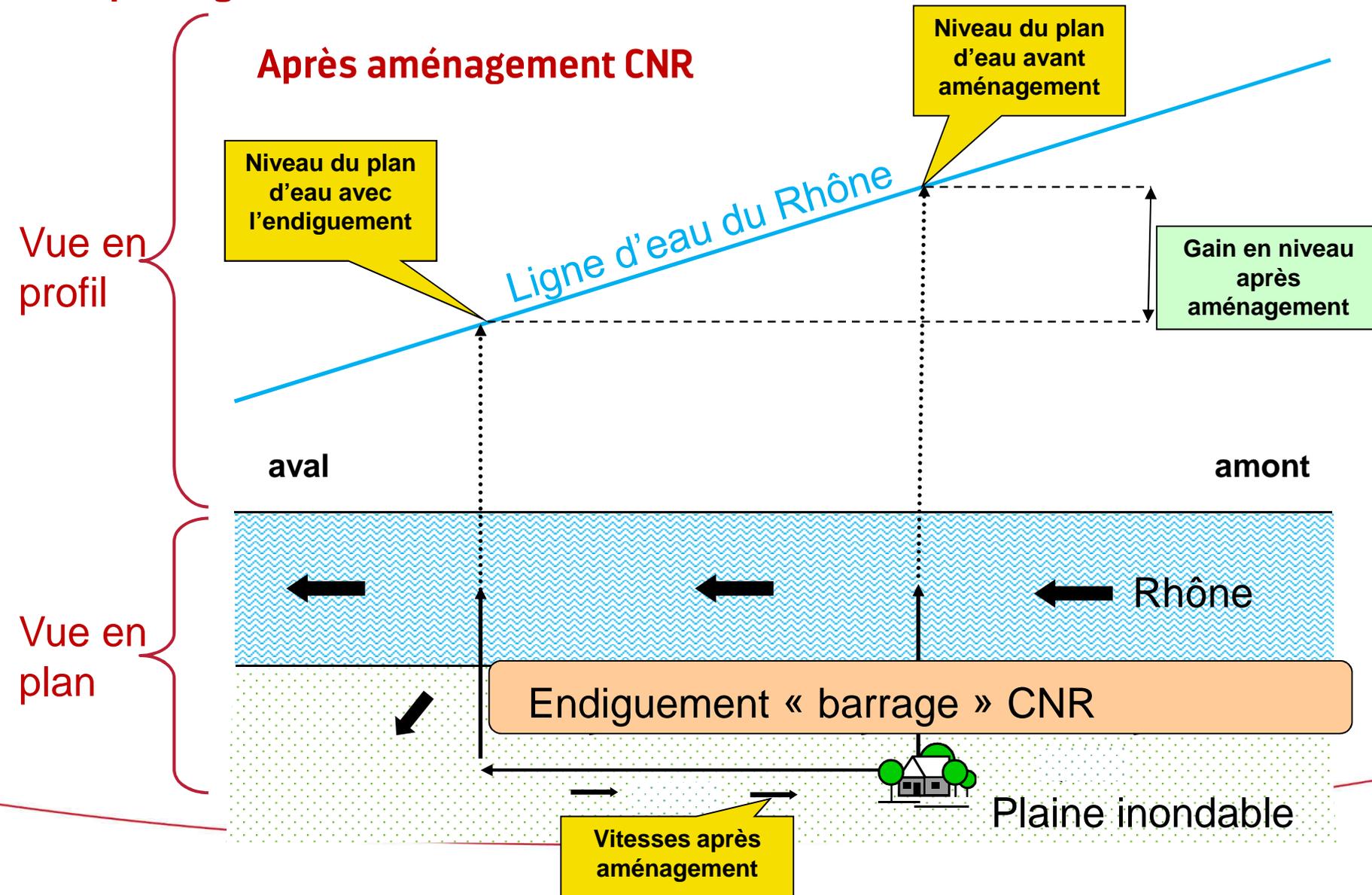
Vue en profil

Vue en plan



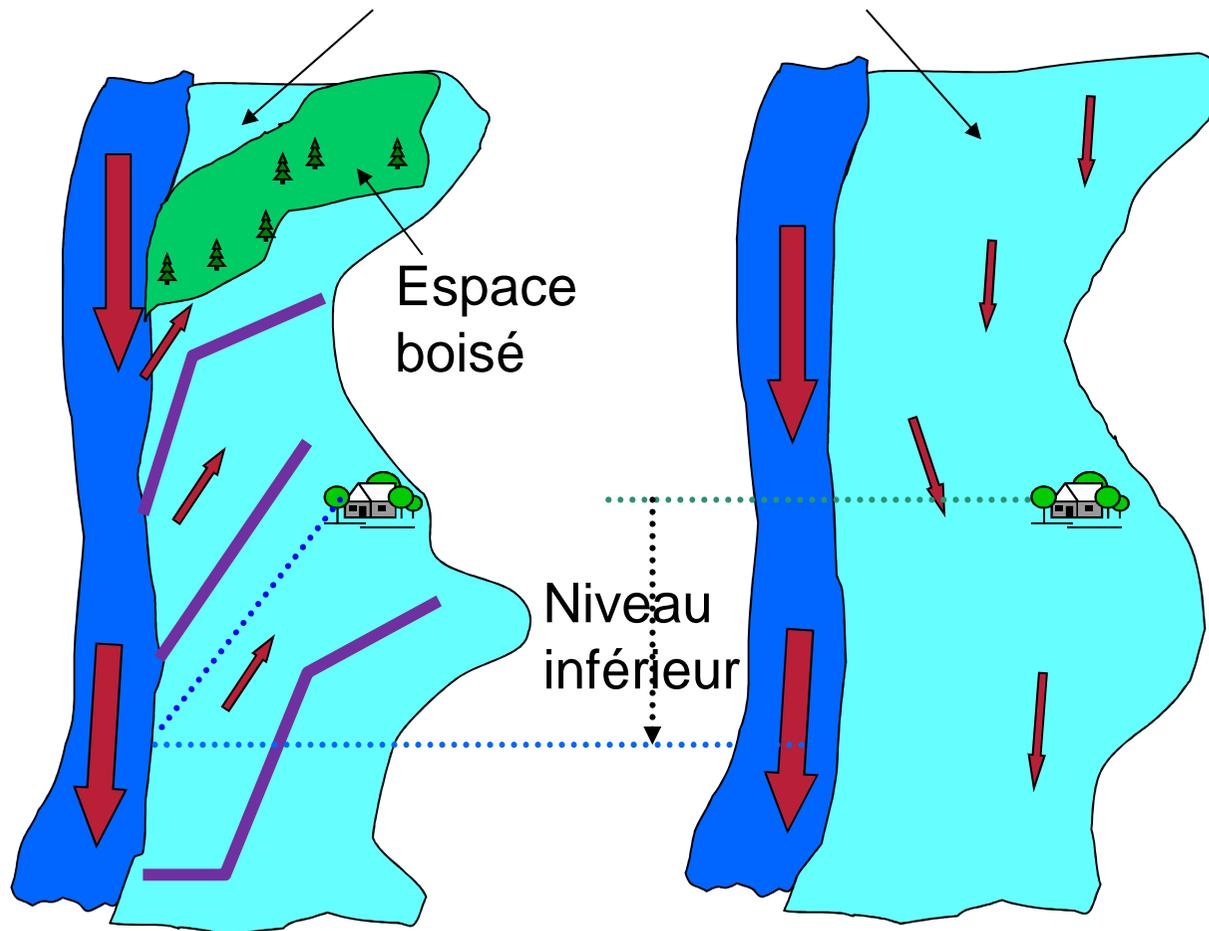
# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

## Principe du gain lié au refoulement aval



# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

## Principe du gain lié au refoulement aval Champ d'inondation



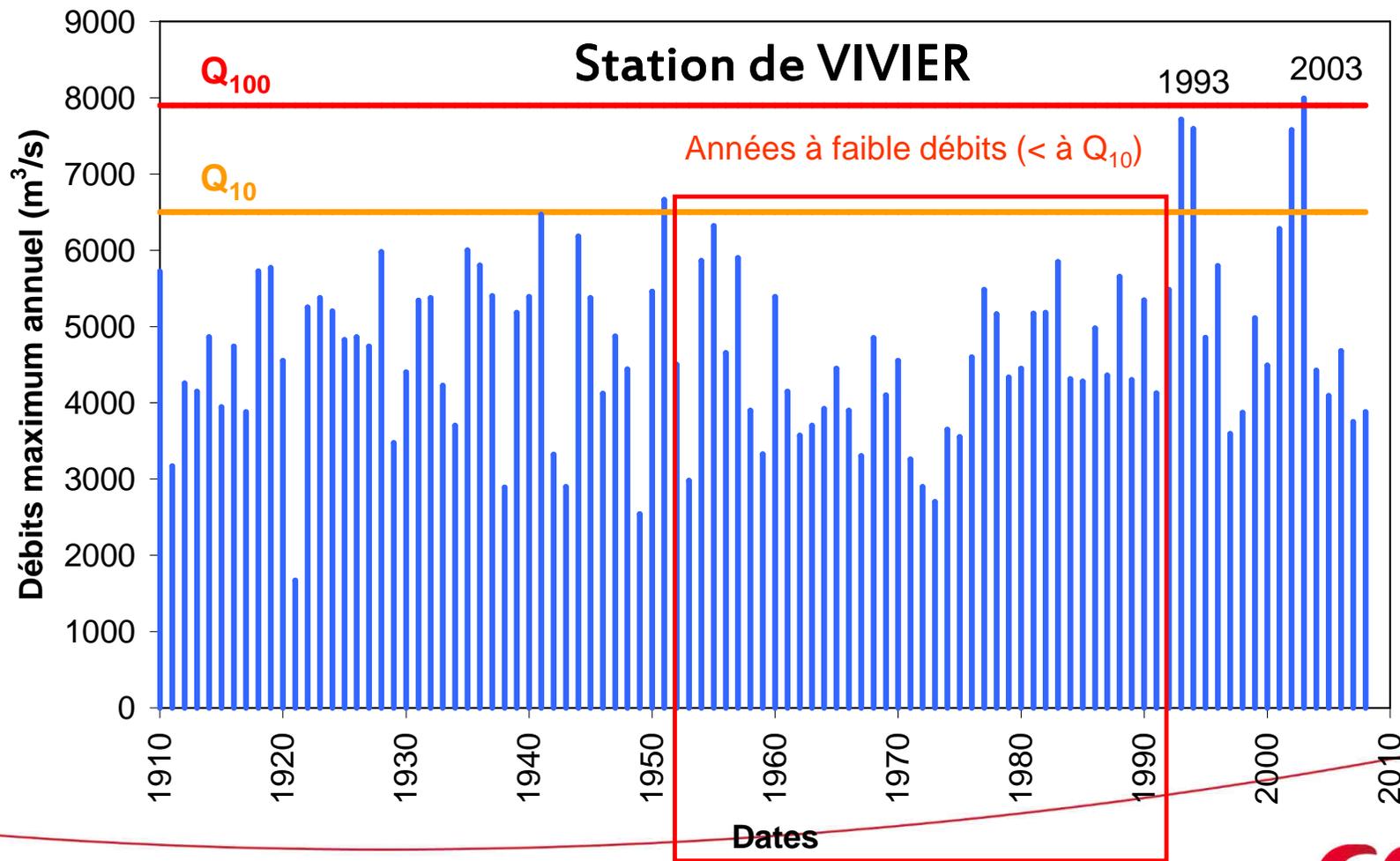
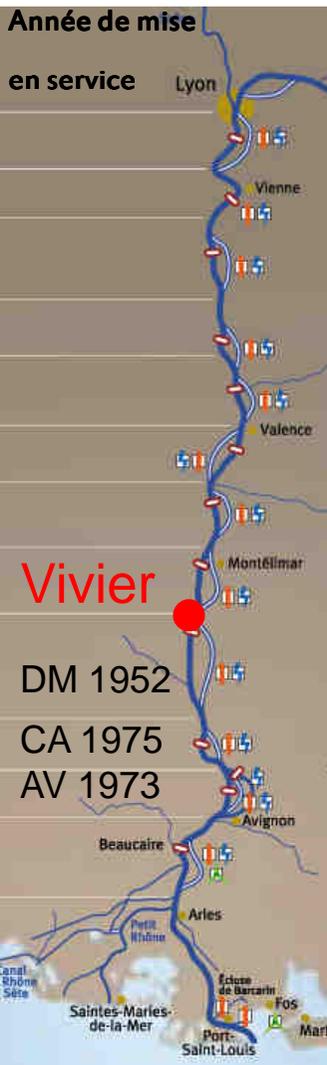
— Digues de protection contre les inondations (Gemapien)

# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

## Culture du risque inondation

pause hydrologique fortuite après la construction des aménagements CNR

➔ confusion possible sur la fonction des aménagements



1952 – 1992 (41 ans)



# LA GESTION DES OUVRAGES CNR EN CRUE

## Surveillance et entretien des ouvrages et du lit du fleuve

- Pour garantir dans le temps la sécurité publique associée à celle des ouvrages
- Pour garantir dans le temps la non aggravation des crues



Le Frédéric Mistral, bateau réalisant des mesures sur le Rhône



Relève de vitesses d'écoulement avec deux capteurs Doppler, l'un à la proue, l'autre sur le flotteur jaune



Dragage sur le Rhône près de Chautagne



Mesure d'indice de continuité



## A RETENIR

- CNR n'a **pas de mission en lien avec la protection contre les inondations**.
- Les principes de conception et d'exploitation des aménagements CNR, **validés et contrôlés par l'Etat**, ont un objectif prioritaire de **neutralité vis-à-vis des crues**.
- La **situation immédiatement avant aménagement** est la référence pour juger de la neutralité (cf. nombreux aménagements dans la vallée antérieurs aux aménagements CNR).
- Les aménagements CNR, de type **au fil de l'eau**, n'ont **pas de capacité de stockage**, ils n'ont pas été conçus pour contenir ou réduire les crues mais leur conception **préserve le rôle écrêteur des plaines naturellement inondables préexistantes**.
- L'organisation de **la surveillance, de la prévision et de l'information sur les crues relève de l'Etat**, CNR met à disposition des SPC les informations utiles à leur mission dont elle dispose.
- Les **endiguements des aménagements CNR sont des « barrages »** (Art. R214-112 CE).
- Au même titre qu'un remblai routier ou ferroviaire, les **endiguements « barrage » CNR** pourront au besoin, par voie conventionnelle et dans la limite de la compatibilité avec leur fonctionnalité, être **mis à disposition de la commune ou de l'EPCI-FP** compétent pour la défense contre les inondations pour **contribuer à un système d'endiguement** (Art. L566-12-1 II CE).



# À TÉLÉCHARGER

## Le Rhône en 100 questions

- [www.graie.org/zabr/ouvrageRhône/accueilRhône.htm](http://www.graie.org/zabr/ouvrageRhône/accueilRhône.htm)

(chapitres 3 et 5 en particulier)

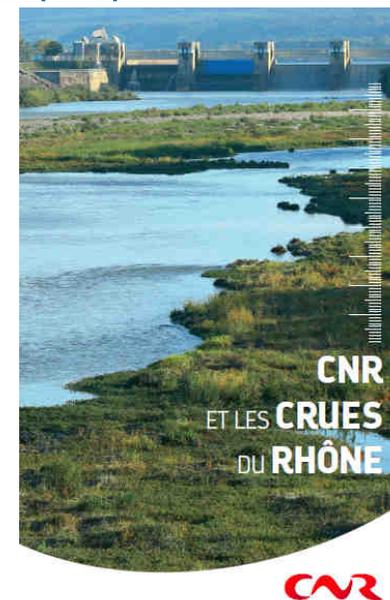
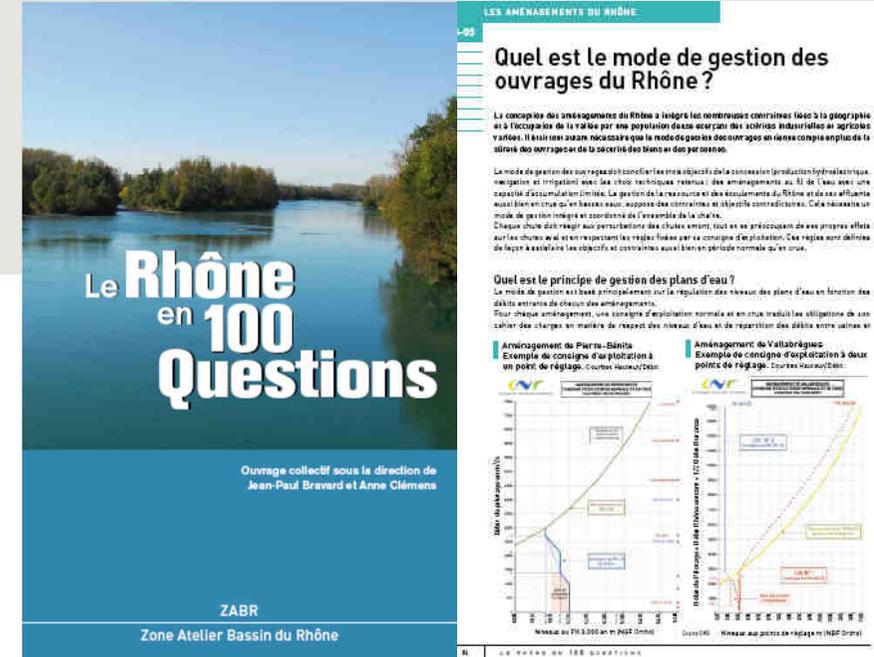
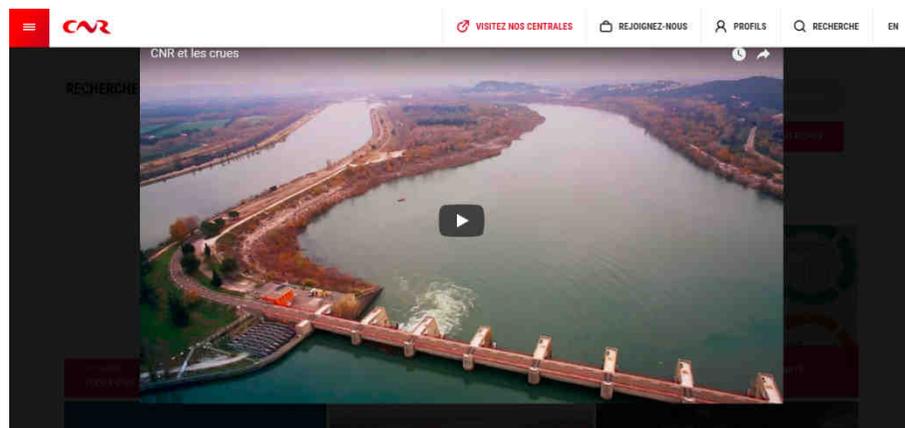
ouvrage collectif sous la direction de J.P. Bravard et A. Clémens, GRAIE, ZABR, juin 2008

## Plaquette « CNR et les crues du Rhône »

- [https://www.cnr.tm.fr/les-services/kiosque/a-lire/2016/2016/page/2/plaquette-cruces-2016-bat\\_v2.pdf](https://www.cnr.tm.fr/les-services/kiosque/a-lire/2016/2016/page/2/plaquette-cruces-2016-bat_v2.pdf)

## Vidéo « CNR et les crues »

- [www.cnr.tm.fr/les-services/kiosque/a-voir/2016/2016/](http://www.cnr.tm.fr/les-services/kiosque/a-voir/2016/2016/)



L'énergie au cœur des territoires

[cnr.tm.fr](http://cnr.tm.fr)

