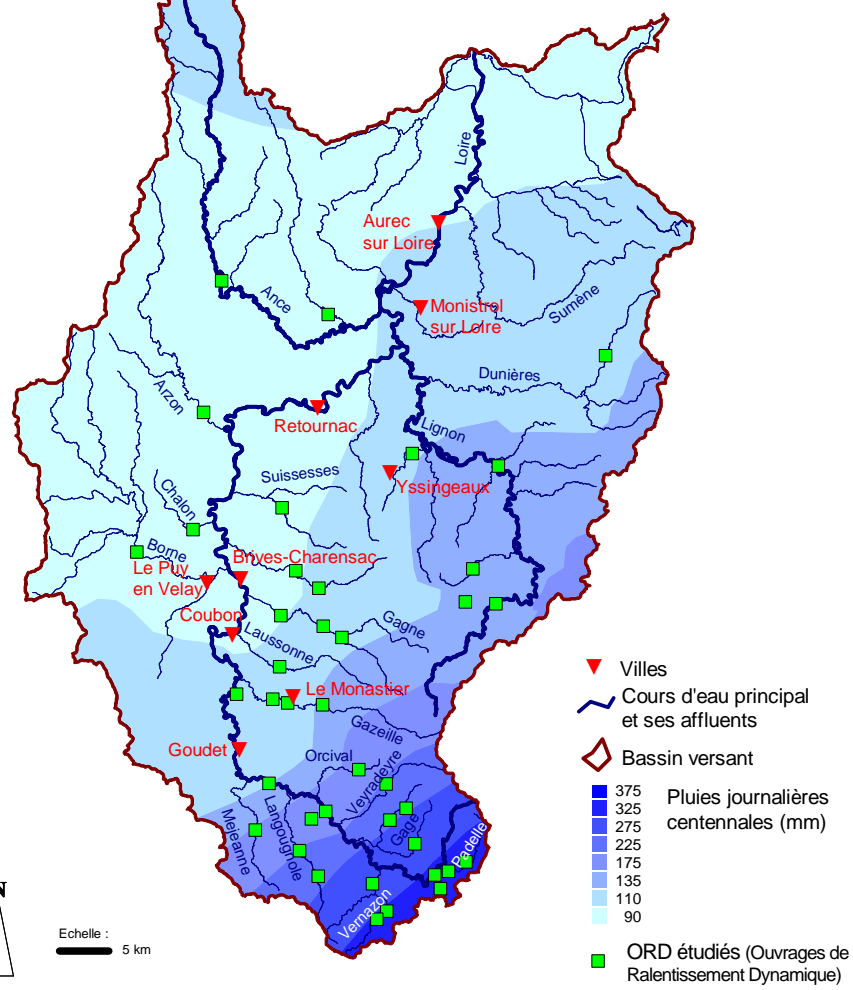


Le bassin versant de la Loire amont : pluviométrie et sites des ORD étudiés



## Le ralentissement dynamique des crues

C'est un outil de prévention des inondations à l'échelle du bassin versant permettant la préservation des dynamiques naturelles des cours d'eau. Il vient en complément des techniques de protections rapprochées locales (ex : endiguement).

### Exemples d'actions possibles suivant les objectifs recherchés

Ralentir le ruissellement sur les versants	Réaménagement de haies et de talus dans les parcelles agricoles Embroussaillage des thalwegs
Favoriser l'infiltration sur les versants	Création de micro-retenues et de bassins d'orages
Freiner les écoulements dans le cours d'eau	Revégétalisation raisonnée des berges Création de rugosité dans les champs d'épandage
Stocker temporairement les volumes de crues dans les lits majeurs et les cuvettes naturelles	Casiers d'inondation dans le lit majeur Ouvrages de stockage dans des retenues sèches

D'après le guide « Le ralentissement dynamique pour la prévention des inondations », CEMAGREF - MEDD, 2004

## Les retenues sèches

### Fonctionnement

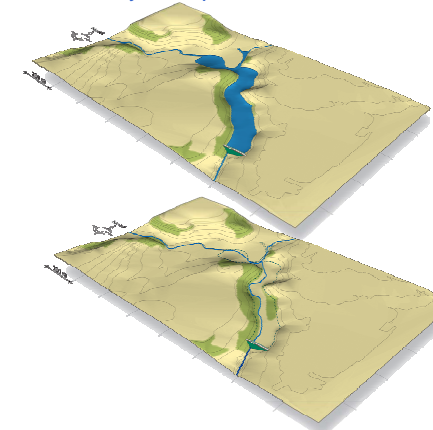
Elles sont constituées par :

- **Une digue** (en terre ou en béton) derrière laquelle les volumes de crue sont stockés dans la cuvette naturelle de la vallée ;
- **Un orifice** traversant la digue et contrôlant les débits en aval ;
- **Un déversoir de sécurité** qui permet pour les crues supérieures au temps de retour 100 ans d'évacuer les débits excédentaires.

L'aménagement stocke temporairement une partie du volume de la crue et restitue progressivement les volumes d'eau stockés après le passage de la pointe de crue.

En temps ordinaire, les cuvettes ne sont pas inondées. C'est pourquoi ces aménagements sont aussi appelés « retenues sèches ».

Cuvette noyée en période de crue



Cuvette « sèche » en période normale

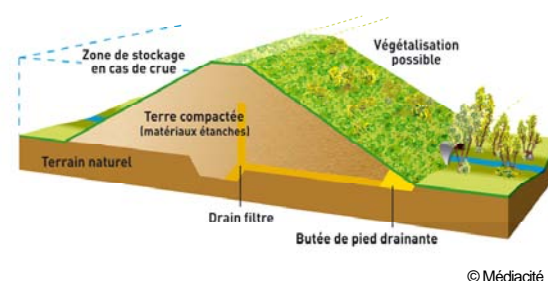
© Médiacité

### Entretien et surveillance

Un ORD (Ouvrage de Ralentissement Dynamique) est un ouvrage « passif » (il fonctionne sans intervention de l'homme durant la crue).

Toutefois, un dysfonctionnement de l'ouvrage pourrait entraîner des risques pour l'aval (rupture de digues, obturation de l'orifice). L'entretien et la surveillance des ORD sont donc impératifs : inspections visuelles et auscultations des ouvrages hydrauliques, déblaiement des embâcles...

Schéma de principe d'une digue en remblai



© Médiacité

## Pourquoi et comment ralentir les crues de la Loire?

La crue de septembre 1980 a provoqué des dommages très importants aux communes riveraines de la Loire, estimés à plus de 115 M€ (valeur 1998). Au delà de l'importance des dommages matériels, c'est le risque de perte humaine qui est le plus à redouter.

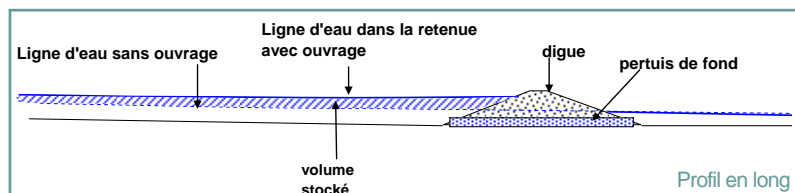
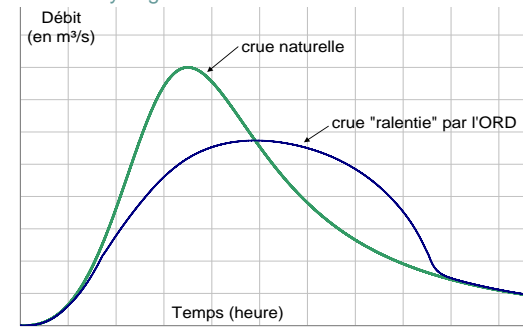
Le stockage temporaire des volumes de crue sur les affluents de la Loire a pour objectifs :

- La réduction du débit de pointe sur les affluents et sur la Loire afin de diminuer l'importance des inondations ;
- Le ralentissement de la vitesse d'arrivée de la pointe de crue en Loire pour réduire les risques de perte de vie humaine.

Dans ce contexte, le ralentissement dynamique des crues consiste à aménager des zones de rétention sur les affluents les plus productifs.

Elles sont aménagées dans des cuvettes naturelles et contrôlées par des ouvrages situés en aval, appelés "ORD" (Ouvrage de Ralentissement Dynamique).

Effet de l'ouvrage de ralentissement dynamique sur l'hydrogramme de crue d'un cours d'eau



Maître d'Ouvrage de l'étude et partenaires financiers :



Bureaux d'études :



# Ralentissement dynamique des crues de la Loire dans le département de la Haute Loire

## Cadre et objectif de l'étude

Dans le cadre du Programme d'Actions de Prévention des Inondations Loire Amont (PAPILA) porté par le Conseil Général de Haute Loire, l'Etablissement Public Loire a réalisé une étude de faisabilité du ralentissement dynamique des crues de la Loire dans le Département de la Haute Loire.

L'étude a eu pour objectifs de préciser l'efficacité hydraulique d'un dispositif de « retenues sèches » réparties sur le bassin versant amont permettant de stocker temporairement les crues très fortes et d'évaluer le montant global des travaux.

## Les crues de la Loire en Haute Loire

La Loire en amont du barrage de Grangent draine un bassin versant de 3 850 km<sup>2</sup>.

La région est soumise à deux influences climatiques :

- **Les pluies « cévenoles »** provoquées par des orages intenses en automne affectant principalement le haut bassin. Elles sont à l'origine des plus fortes crues connues en amont de Grangent.
- **Les perturbations océaniques** : elles sont à l'origine de crues généralement moins violentes, ayant lieu principalement de janvier à mai.

Les fortes crues de la Loire proviennent principalement :

- **Des affluents situés en amont de Goudet** qui reçoivent les précipitations les plus intenses (voir carte) ;
- **Des affluents de rive droite en aval de Goudet** (la Gazeille, la Gagne, la Suisse, la Laussonne, la Sumène et le Lignon du Velay) qui sont également soumis aux débordements cévenols.

**Les affluents de rive gauche** (Borne, Arzon, Anse du nord) contribuent dans une moindre mesure aux pointes de crue.

**La propagation** des crues est rapide dans les gorges et les vallées étroites du haut bassin qui ne disposent pas de plaines inondables susceptibles de ralentir la crue. Les temps de propagation des crues sont d'environ :

- 4h entre Goudet et Brives, distants de 31 km ;
- 11h entre Brives et Grangent, distants de 99 km.

### Débits caractéristiques de la Loire en amont de Grangent

Stations hydrométriques	Superficie drainée (km <sup>2</sup> )	Débit en m <sup>3</sup> /s		
		Décennal	Centennal	Sept. 1980
Rieutord	62	375	675	
La Borie	229	400		1 580
Goudet	432	500	1 600	1 700
Brives	882	700	1 800	1 900
Bas-en-Basset	3 234	1 550	3 700	3 500

D'après l'étude 3P : « Etude globale de gestion des crises hydrologiques et de restauration environnementale du haut bassin de la Loire », HYDRATEC / B. LEDOUX Consultant / Cabinet GAY / J.R. MALAVOI, 2002

# Résultats de l'étude de faisabilité du ralentissement dynamique des crues, réalisée en 2006 par l'EPLoire

## La méthodologie suivie

L'étude s'est déroulée en 3 principales étapes :

**1. Recensement de l'ensemble des sites potentiels de rétention** : Une recherche systématique sur carte a été menée, permettant de recenser 90 sites. Une première hiérarchisation a été effectuée sur la base de considérations topographiques (volumes des retenues), hydrologiques (débits et volumes des crues) et géographiques (localisation par rapport aux enjeux). A l'issue de cette étape, 60 sites ont été retenus.

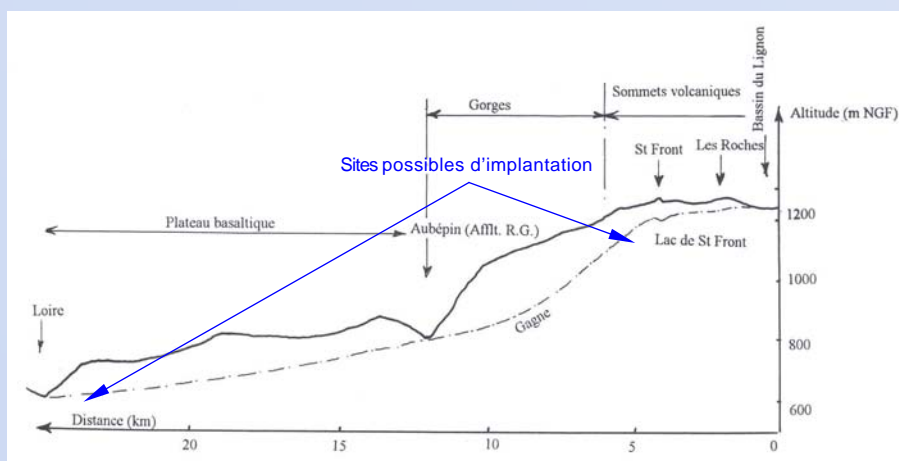
**2. Evaluation de l'efficacité hydraulique des sites** : Une modélisation hydrologique et hydraulique de chaque site a permis d'apprécier leurs efficacités locale et globale, et de sélectionner les 40 sites les plus efficaces.

**3. Caractérisation des sites** : Les 40 sites retenus ont été caractérisés en fonction de leur efficacité hydraulique, des contraintes techniques, financières et environnementales.

## La localisation des sites potentiels de rétention

Les zones préférentielles de rétention se situent :

- **sur les parties hautes des bassins versants** (plateaux), situées en amont des gorges. Ce sont en effet les zones qui reçoivent le plus de pluies et des ouvrages de hauteurs limitées permettraient de stocker des volumes d'eau importants.
- **dans les parties inférieures des bassins versants**, là où se trouvent des vallées alluviales larges et à faible pente.



Ouvrage de protection contre les crues de Nîmes  
ORD avec digue en remblai et déversoir de crue en enrochements

## L'efficacité hydraulique des aménagements

On distingue :

■ **L'efficacité locale des ORD (Ouvrages de Ralentissement Dynamique)** : c'est la baisse du débit de pointe de la crue sur le cours d'eau en aval immédiat de l'ouvrage.

Les ORD dimensionnés pour ne pas modifier les débits de crue moyenne sont peu efficaces pour écrêter les fortes crues. Les orifices ont en effet une section trop importante pour réduire significativement le débit de pointe des crues.

Pour permettre un stockage optimal de la crue (remplissage complet de la cuvette en fin de crue), il convient de réduire la section de l'orifice et donc d'écrêter également les crues moyennes.

L'étude a montré que l'efficacité locale moyenne pour les principaux sites passait de 18 % à 61 % pour une crue centennale lorsque la section de l'orifice était réduite de 50 à 80 %.

■ **L'efficacité globale des ORD** : c'est la baisse du débit de pointe de la crue en Loire. Elle correspond à la combinaison des efficacités individuelles de chaque ORD.

Compte tenu des caractéristiques morphologiques différentes des affluents, leurs pointes de crue n'arrivent pas au même moment en Loire. De ce fait, l'efficacité globale des ORD est inférieure à la somme des efficacités individuelles.

■ **L'impact sur la ligne d'eau** : elle correspond à la réduction de la cote de crue en Loire.

Pour une réduction attendue de 15 % des débits sur l'axe de la Loire, la ligne d'eau de la crue centennale baisserait en moyenne de 40 à 50 cm au droit des secteurs exposés aux crues.

## Les impacts sur l'environnement

■ **Impact sur le fonctionnement morphodynamique des cours d'eau** : la modification du régime des crues peut perturber l'équilibre morphologique du cours d'eau. Ces perturbations peuvent être d'autant plus importantes que la taille du pertuis est réduite.

■ **Impact sur le milieu naturel** : les sites de rétention se situent pour beaucoup dans des zones à forts intérêts écologiques (zones ZNIEFF, Natura 2000...). Or, la mise en eau plus fréquente des cuvettes, les hauteurs de submersion et les surfaces inondées plus importantes peuvent avoir un impact sur certaines espèces faunistiques et floristiques. Par ailleurs il faut veiller à ce que les ouvrages (orifices) soient franchissables par les poissons.

■ **Impact sur le paysage** : les digues auront un impact visuel sur le paysage, qui pourra être en partie atténué par une bonne intégration des ouvrages dans leur site naturel (revégétalisation et modelé des digues entre autres).

■ **Impact sur les usages** : les terrains localisés dans l'emprise de la retenue seront noyés en cas de forte crue. Il est donc nécessaire :

- de mettre en place des dispositions particulières de sécurité lorsque des habitations se trouvent à proximité des ouvrages ;
- de déplacer si possible les réseaux et/ou les équipements ;
- de ne pas y construire de nouveaux aménagements ;
- si nécessaire, d'acheter les terrains concernés.

## Le coût global des aménagements

**Le coût moyen** des travaux pour la réalisation, hors acquisition foncière, d'un ORD (Ouvrage de Ralentissement Dynamique) sur le bassin versant de la Loire est de 2,8 millions d'euros. Il varie entre 0,6 et 7 millions d'euros en fonction de la configuration du site, de la hauteur de digue (hauteur généralement comprise entre 10 et 20 mètres) et des techniques de mise en œuvre (digue en remblai, béton...).

## Comparaison coût / gain hydraulique

L'analyse du coût global et des gains hydrauliques attendus montre l'intérêt limité des aménagements.

Ainsi, pour une crue centennale sur le bassin de la Loire en amont de Brives Charensac, la réalisation des aménagements sur les 20 sites les plus efficaces, représentant un coût global d'environ 59 millions d'euros, aurait pour effet de :

- Réduire le débit de la Loire de 22 % à Goudet, 9 % à Brives Charensac, 11 % à Aurec ;
- Abaisser la ligne d'eau de 40 à 50 cm au maximum.



Ouvrage sur le Lange à Montréal La Cluze (01)  
ORD avec digue en remblai et déversoir en béton armé

## Efficacités locales des principaux sites étudiés et efficacité globale sur l'axe Loire pour une crue centennale à Brives Charensac

Cours d'eau	BV (km <sup>2</sup> )	Débit (m <sup>3</sup> /s)		
		naturel	écrêté	
Padelle (amont)	17	140	40	- 71 %
Padelle (aval)	50	370	245	- 34 %
Vernazon	51	350	260	- 26 %
Lignon	276	910	700	- 23 %
Sumène	47	55	7	- 87 %
Suissesses	31	39	6	- 85 %
Dunières	23	31	5	- 84 %
Gage	12	91	54	- 41 %
Affluent du Gage	16	97	26	- 73 %
Langougnole	28	152	58	- 62 %
Ance	83	75	13	- 83 %
Veyradère	22	125	85	- 32 %
Mejeanne	35	205	105	- 49 %
Orcival	7	40	12	- 70 %
Gazeille	85	385	245	- 36 %
Arzon	160	98	17	- 83 %
Chalon	43	78	17	- 78 %
Borne	280	275	61	- 78 %
Laussone	34	105	26	- 75 %
Gagne	107	290	132	- 54 %
Moyenne des affluents				- 61 %
Total des affluents	1 407	3 911		

Efficacité globale  
(en cas de réalisation de 40 ORD répartis sur le bassin versant)

La Loire à	BV (km <sup>2</sup> )	Débit (m <sup>3</sup> /s)		
		naturel	écrêté	
Goudet	432	1 723	1 295	- 25 %
Brives	882	1 730	1 535	- 11 %
Retoumac	2 000	1 856	1 620	- 13 %
Aurec	3 700	2 239	1 920	- 14 %