# Synthèse des propositions pour une stratégie globale de réduction des risques d'inondation par les crues fortes en Loire moyenne

Cette note à caractère technique
conclut la phase de définition de la stratégie
sans engagement vis-à-vis de la décision finale
qui sera retenue par les autorités.

30 juin 1999

Version finale validée

EQUIPE PLURIDISCIPLINAIRE
*d'assistance aux maîtres d'ouvrage*
PLAN LOIRE GRANDEUR NATURE

*Etat, Epala, agence de l'eau Loire Bretagne*
s/c Agence de l'eau Loire-Bretagne, B.P. 6339, 45063 Orléans cedex 02
Télécopie : (0) 238 693 802 – Courriel : courrier@equipe-plan-loire-org

# SOMMAIRE

**1 LA SITUATION ACTUELLE : UN RISQUE PRÉVISIBLE MOINDRE QU'AU SIÈCLE DERNIER ET UN RISQUE ACCIDENTEL COMPARABLE MAIS PLUS LOURD DE CONSÉQUENCES 9**

1.1 Des enjeux nombreux et importants à l'échelle régionale 9

1.2 Une inondation par surverse nettement diminuée depuis un siècle, un risque de brèche accidentelle différent mais aussi fort et grave 11

1.3 Des dommages et des impacts importants 14

*1.3.1 Des dommages évaluables 14*

*1.3.2 Des dommages inévaluables 18*

1.4 Une lecture trop optimiste des résultats peut occulter des aggravations difficilement prévisibles et peu évitables 20

1.5 Une nouvelle approche de la réduction des risques d'inondation avec un important volet économique à conduire en priorité 22

**2 UNE STRATÉGIE GLOBALE ET COMPLÈTE FONDÉE SUR UNE NOUVELLE CULTURE DU RISQUE 23**

2.1 Une base d'actions dans la durée, indispensable à la réussite de la stratégie 23

*2.1.1 Une capacité renforcée de prévision, de prévention et de gestion de crise 23*

*2.1.2 Une stratégie de développement durable des zones inondables 26*

*2.1.3 Un entretien régulier des levées et du lit de la Loire 27*

*2.1.4 Une base dans la durée, socle de la stratégie 28*

2.2 Des travaux importants sur le système actuel de protection et un nouvel ouvrage écrêteur 32

*2.2.1 Des travaux importants sur le système actuel de protection 32*

*2.2.2 L'ouvrage écrêteur du Veurdre 34*

2.3 Coût de cette stratégie globale 38

**3 DES INTERVENTIONS PRÉCISES À PROGRAMMER DANS UN ORDRE QUI RESTE À DÉFINIR 41**

3.1 La nécessité et la difficulté d'une démarche globale et intégrée 41

3.2 Des opérations plus ou moins rapidement opérationnelles en particulier en fonction des aspects sociaux 43

3.3 Une première comparaison des différents aménagements possibles sur la base des enjeux et des dommages épargnés 45

*3.3.1 Des enjeux épargnés 48*

*3.3.2 Des dommages diminués 49*

3.4 Les aspects techniques influençant la chronologie de mise en œuvre 51

3.5 Une stratégie complète et ses alternatives 52

*3.5.1 Une stratégie globale étalée dans le temps 53*

*3.5.2 Des alternatives qui supposent des choix 54*

*3.5.3 Quelques esquisses de scénarios 56*

# *Résumé*

L'étude de définition d'une stratégie de réduction des risques d'inondation en Loire moyenne est l'aboutissement, dans l'esprit et le cadre du plan Loire grandeur nature, d'une *réflexion sur les bénéfices à attendre de l'ouvrage du Veurdre*, qui a évolué en *définition d'**une stratégie globale et concertée*** combinant des modalités de gestion de l'existant et plusieurs aménagements nouveaux. Une équipe pluridisciplinaire a conduit l'étude en quatre années. Elle comprend sept personnes aux compétences variées : écologie, hydraulique, hydrologie, morphologie fluviale, bases de données et systèmes d'information géographique, aménagement, information. La démarche a coûté 32 MF, soit 17 MF pour le fonctionnement de l'Equipe et 15 MF pour les études et démarches complémentaires.

Cette démarche aboutit après la parution du **SDAGE Loire-Bretagne** et du **rapport d'évaluation** des politiques publiques en matière de prévention des risques naturels, qui insistent sur la nécessité de **savoir « mieux vivre avec les crues »**. D'autres bassins versants mettent actuellement au point une approche similaire, qui ne se focalise plus sur un ouvrage écrêteur ou sur le renforcement des protections existantes, mais se préoccupe aussi de réduire la vulnérabilité des biens exposés, de restaurer une culture du risque et de gérer, en améliorant leur qualité, le patrimoine que constituent les milieux naturels fluviaux diversifiés, ainsi que les paysages ou l'architecture.

Le comité de pilotage de l'étude, composé de neuf membres représentant l'Etat, l'Epala et l'agence de l'eau Loire-Bretagne, a retenu une **stratégie globale,** qui comprend :

- ✓ **une base indispensable d'actions dans la durée,** détaillées ci-dessous,
- ✓ **une amélioration du système de protection par levées et déversoirs,** avec homogénéisation des cotes des levées, renforcement des banquettes, fiabilisation des fusibles de déversoir, amélioration de la protection des enjeux atteints dans les communes fréquemment et fortement inondées en particulier celles se trouvant dans l'aval proche d'un déversoir venant à fonctionner,
- ✓ **la création de trois déversoirs de sécurité** pour améliorer la sécurité des riverains,
- ✓ **la réalisation de l'ouvrage écrêteur du Veurdre.**

Cette stratégie offre un niveau de protection optimal, pour des **crues similaires à celles du siècle dernier sur l'ensemble de la Loire et pour des crues d'une période de retour de l'ordre de 200 ans sur les vals d'Orléans, Cisse, Tours et Authion** qui abritent 75 % des enjeux présents en zone inondable. Elle représente un investissement compris entre 3 et 3,5 milliards de F TTC (500 millions d'euros) et un fonctionnement annuel de 35 à 40 millions de F TTC (6 millions d'euros), soit le double du fonctionnement actuellement consacré à cette section du fleuve.

La stratégie améliore clairement la protection actuelle qui présente des faiblesses bien identifiées, qu'**on ne peut laisser en l'état** et qu'il faut pallier. Pour autant elle n'apporte pas une protection totale : **une crue forte de la Loire restera un événement très grave** concernant un grand nombre de personnes et de biens et pouvant porter une atteinte très préjudiciable aux milieux naturels, aux paysages ainsi qu'au patrimoine architectural. Seule **une préparation sérieuse à la gestion d'une telle crise** pourra éviter qu'elle ne se transforme en catastrophe, surtout si apparaissent des brèches accidentelles toujours possibles.

Le comité de pilotage qui souhaite une protection de haut niveau s'inscrit dans la suite de la commission inondation du siècle dernier, ainsi que du programme de renforcement des levées de 1970 ou des rapports de 1979 et 1989 de l'Ingénieur général Chapon. Son ambition s'appuie sur l'importance des enjeux présents : **150.000 ha inondables, 240 communes, 300 000 habitants, 13 600 entreprises, 85.000 ha de terres agricoles dont 10 % consacrées à des cultures spécialisées, 36.000 ha de sites d'intérêt écologique potentiel ou reconnu, 216 Monuments Historiques ainsi qu'un riche patrimoine paysager, architectural et touristique**.

Une inondation totale de ces biens provoquerait un dommage estimé, pour sa part évaluable, à 40 milliards de F, soit 6 milliards d'euros.

Le comité conclut aussi que :

- ✓ **le Veurdre réalisé seul n'apporte pas une réponse suffisante à la réduction attendue** ;
- ✓ c'est contre le **risque de brèches accidentelles** qu'il faut lutter en priorité, parce qu'il augmente le plus les atteintes et les dommages ;

- ✓ **la stratégie doit reposer sur une base d'actions indispensable** comprenant :
  - un renforcement de la capacité de prévision, de prévention et de gestion de la crise, jugé prioritaire parmi les priorités,
  - un programme de restauration de la culture du risque,
  - une politique de développement durable des vals inondables
  - un entretien régulier du lit et des levées de la Loire.

Au vu des enjeux exposés et des contraintes imposées par les modes de vie actuels, il est **urgent de définir un mode de développement des vals inondables qui soit durable et mieux compatible avec les inondations**. Il se fondera sur une culture du risque renouvelée. Il adaptera progressivement les enjeux dans les zones inondables au risque de perturbation, d'atteinte ou de submersion à attendre d'une crue, sans privilégier systématiquement de nouvelles protections, sinon contre le risque de brèche accidentelle ou pour des protections très localisées d'enjeux fortement atteints. Ceci impose **le maintien d'un personnel et de crédits de fonctionnement** à un bon niveau, notamment pour

- ✓ **mieux prévoir et gérer les inondations**,
- ✓ **entretenir les protections existantes,**
- ✓ par un entretien adapté et suivi, **favoriser une évolution équilibrée du lit** du fleuve et de ses affluents, qui contribue à l'enrichissement des milieux naturels et lutte contre la banalisation des paysages.

La stratégie s'inscrit dans l'élan du plan Loire, programme global et intégré. Sa réussite impose d'envisager l'ensemble des propositions, sans privilégier, comme on a pu le faire par le passé, des ouvrages de protection, aux dépens de démarches moins médiatiques et visibles qui demandent un investissement humain et culturel dans la durée. L'histoire nous enseigne en effet que, sur la Loire, toute nouvelle protection installée a encouragé **un sentiment trompeur et pernicieux de sécurité accrue**. Des Ligériens ont ainsi adhéré au mythe qu'une protection quasi-totale était possible et qu'un développement économique des vals pouvait s'affranchir de leur caractère inondable. Les réunions d'information sur l'étude ont montré des **persistances de cet état d'esprit**.

L'aménagement de la Loire a aussi buté sur un **défaut de maîtrises d'ouvrage adaptées** aux opérations concernant l'aménagement des territoires ou la gestion des milieux naturels. La nouvelle stratégie pourra rencontrer cette difficulté notamment sur les aspects liés au développement durable : diminution de la vulnérabilité, culture du risque, etc. Il conviendra d'identifier et de soutenir des maîtres d'ouvrages pour ces actions inscrites nécessairement dans la durée.

# 1 La situation actuelle : un risque prévisible moindre qu'au siècle dernier et un risque accidentel comparable mais plus lourd de conséquences

## 1.1 Des enjeux nombreux et importants à l'échelle régionale

Aujourd'hui, les vals de Loire moyenne entre Nevers et Angers abritent, sur les 110.000 ha que la crue de 1856 a entièrement inondés sous des hauteurs de 1 à 4 m d'eau, **300.000 personnes, habitant 240 communes** recensées le long du fleuve et de ses affluents. Cette population est près de dix fois celle du siècle dernier.

**13.600 entreprises** sont implantées en zone inondable, dont 13.100 sont des PME de moins de vingt salariés. Ces implantations relativement récentes n'ont donc jamais eu l'expérience d'une crue, dans ce secteur où, en amont de la Vienne, la dernière crue décennale[1] date de 1982 et la dernière cinquantennale de 1907.

87.000 ha sont mis en valeur par l'agriculture. 10 % de cette superficie concerne des cultures spécialisées importantes pour l'économie régionale : maraîchage, horticulture, cultures semencières, verger, vigne.

Les 240 communes abritent 1.560 équipements et près de 4.000 transformateurs EdF inondables.

Ces enjeux représentent **15 % de la population et presque 20 % des entreprises des "zones d'emplois" bordant la Loire**.

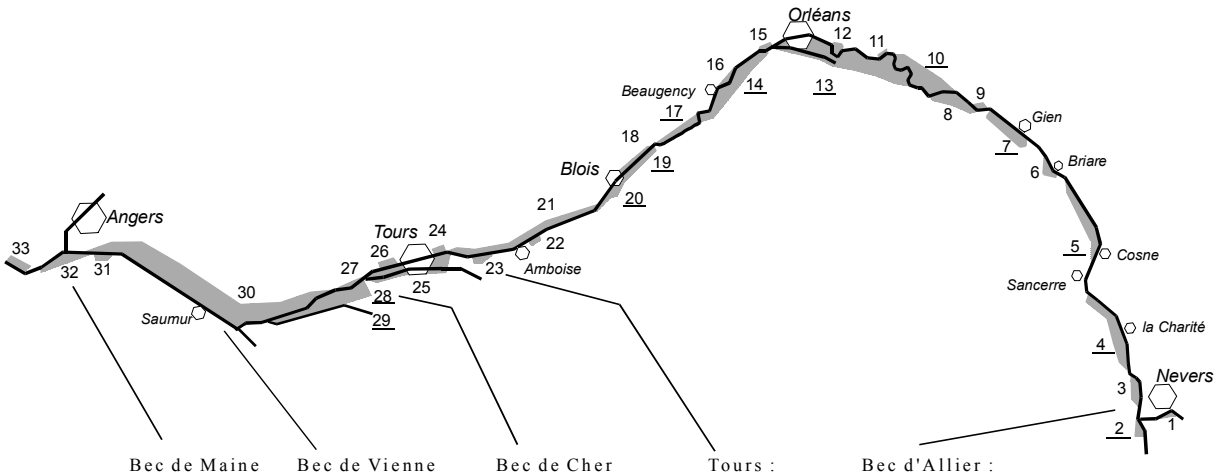
Les enjeux se répartissent entre les vals de manière inégale, les vals de Tours, Orléans, Authion et Cisse, avec quelques villes riveraines de la Loire, regroupant près de 80 % des enjeux :

| **Répartition des enjeux** entre les vals | Tours | Orléans | Authion | Cisse | Saumur Blois, Sully Gien | Sous-total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nombre de logements | 39 % | 18 % | 13 % | 3 % | 5 % | 78 % |
| Population | 40 % | 18 % | 14 % | 3 % | 5 % | 80 % |
| Nombre d'entreprises | 36 % | 10 % | 10 % | 7 % | 16% | 79 % |
| Nombre d'emplois | 39 % | 12 % | 11 % | 7 % | 15 % | 84 % |
| Nombre d'équipements | 23 % | 10 % | 12 % | 8 % | 11 % | 64 % |

[1] une crue décennale (période de retour 10 ans) a une probabilité d'apparition chaque année de 1/10 soit 10 %, une crue cinquantennale (période de retour 50 ans) une probabilité d'apparition chaque année de 1/50 ou 2 %, une crue centennale (période de retour 100 ans) une probabilité de 1/100 ou 1 %.

20 à 35 % des enjeux se disséminent sur le cours restant de la Loire dans des communes de moindre importance. Sur 103 de ces communes, l'Equipe a conduit une étude du dynamisme socio-économique local, en collaboration avec les maires. La moitié des communes ont des projets précis. 45 % des communes étudiées présentent une dynamique actuelle avérée, 40 % sont plutôt dans un état stationnaire et les 15 % autres connaissent une phase de déclin. Pour 75 % de ces communes, le dynamisme dépend d'un pôle d'activités extérieur au territoire communal. Dans 85 % des cas, les facteurs et entreprises sources de ce dynamisme sont peu ou pas exposés directement aux inondations de la Loire.

Dénomination, disposition et superficie des vals de Loire moyenne
superficie du bassin versant
et débit lors d'une crue de débit centennal au Bec d'Allier




31 GOHIER (1.100 ha)
32 LOUET
33 St GEORGES (1.500 ha)
— *Val muni d'un déversoir*

25 TOURS (4.700 ha)
26 LUYNES (550 ha)
27 LANGEAIS (600 ha)
28 BREHEMONT (1300 ha)
29 VIEUX CHER (700 ha)
30 AUTHION (33.000 ha)

19
20 BLOIS (3.800 ha))
21 CISSE (4.500 ha)
22 CHARGE (200 ha)
23 HUSSEAU
24 TOURS RIVE DROITE

13 ORLEANS (16.700 ha)
14 ARDOUX (4.500 ha)
15 BOUVERIE (250 ha)
16 BAULE (500 ha)
17 AVARAY (2.000 ha)
18 MENARS (250 ha)

7 GIEN (3.000 ha)
8 SULLY (1.500 ha)
9 DAMPIERRE (500 ha)
10 OUZOUER (6.600 ha)
11 CHATEAUNEUF (100 ha)
12 BOU (650 ha)

1 SERMOISE
2 GUETIN Bec d'Allier (520 ha)
3 COURS LES BARRES (1.100 ha)
4 LA CHARITE (6.500 ha)
5 LERE (3.000 ha)
6 SAINT FIRMIN (100 ha)

Dans les vals endigués, l'Equipe a recensé 69 sites d'intérêt écologique reconnu ou potentiel, couvrant 17.250 ha, soit 12 % de la surface, répartis ainsi entre les départements :

| | Nièvre | Cher | Loiret | Loir-&-Cher | Indre-&-Loire | Maine-&-Loire | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nombre de sites | 5 | 8 | 22 | 8 | 13 | 13 | 69 |
| Superficie | 650 | 700 | 4 500 | 600 | 3 500 | 7 350 | 17 250 |

Au sein des 32.000 ha du lit endigué, les zones naturelles d'intérêt écologique, floristique, faunistique ou ornithologique (Znieff ou Zico), les réserves naturelles et les arrêtés de biotope couvrent 19.000 ha, soit 60 % de la surface. Le périmètre proposé dans le cadre de l'élaboration de Natura 2000 représente 83 % du lit endigué, soit 26.400 ha. On peut donc considérer que tout le lit majeur endigué présente un **intérêt écologique reconnu ou potentiel**.

204 communes abritent 655 **Monuments Historiques**, dont 216 (soit près du tiers) sont susceptibles d'être inondés, en particulier 7 ponts, 72 édifices religieux, 44 manoirs et châteaux, 69 maisons et immeubles et 24 monuments divers. On dénombre aussi 110 cales et ports, qui seront les premiers touchés.

## 1.2 Une inondation par surverse nettement diminuée depuis un siècle, un risque de brèche accidentelle différent mais aussi fort et grave

Les crues du siècle dernier, de période de retour 120 à 150 ans, ont **inondé tous les vals**, en ouvrant chacune plus de 150 brèches dans les 550 kilomètres de levées, grossièrement dues pour moitié à des surverses par-dessus les digues et pour moitié à des renards dans les levées ou leur fondation.

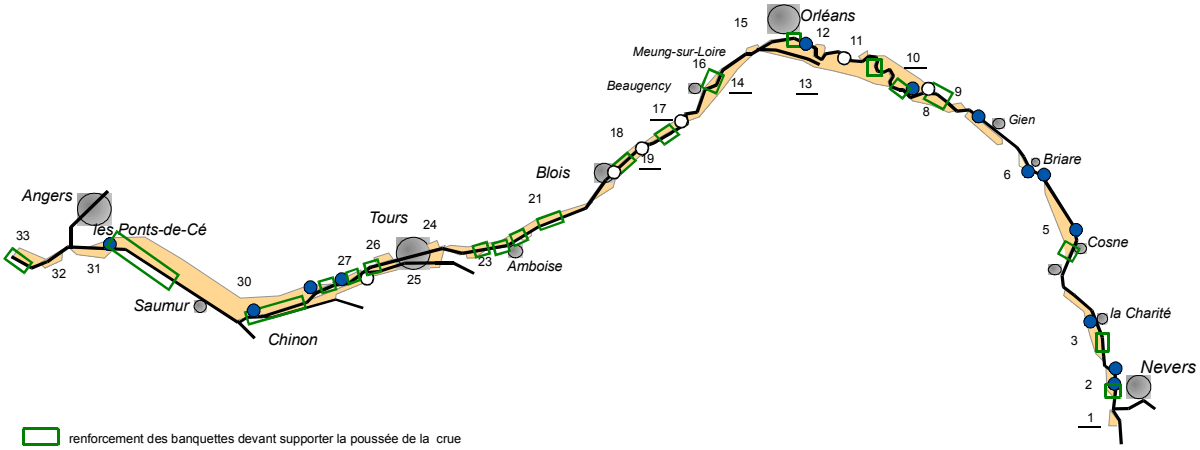
Depuis lors, la situation a fortement évolué :

- Des travaux ont surélevé localement le sommet des **levées**, en particulier dans les traversées des agglomérations importantes ; un épaississement, en cours d'achèvement, des levées les plus stratégiques avec installation d'un drain côté val ou imperméabilisation côté Loire a réduit le risque de renard dans le corps de la levée.
- La chenalisation du lit engagée au siècle dernier pour améliorer la navigation, mais surtout l'extraction massive des granulats dans le lit mineur de la Loire aux abords des grandes agglomérations, ont **enfoncé le lit mineur** du fleuve de 1 à 2,50 m de profondeur. Ce phénomène a retardé et retarde les débordements de la Loire, avec un triple effet néfaste :
  - ✓ la Loire a emprunté plus rarement de **nombreux bras secondaires** ; la végétation s'y est modifiée, y a perdu son caractère écologique intéressant de milieu humide et régulièrement renouvelé. Elle demande, pour ne pas augmenter les débordements lors des crues plus rares, un entretien régulier, que n'assure plus le fleuve ;
  - ✓ un lit plus profond, aux berges plus instables, augmente le **risque de déstabilisation** en crue **des pieds de levée** qui, sur 130 km, sont en contact direct avec le lit mineur ;
  - ✓ l'enfoncement n'étant pas homogène le long du cours, les débordements sont décalés depuis le siècle dernier, ce qui a déréglé **le système de protection par déversoir** mis au point alors. Il **n'assure plus la sécurité comme prévu**. Le cas du déversoir de Jargeau sur le val d'Orléans en est un exemple préoccupant : prévu pour fonctionner en crue centennale et protéger Orléans des surverses, le fusible du déversoir ne s'efface aujourd'hui qu'en crue cinq-centennale. La crue reste alors entièrement dans le lit endigué de la Loire et dépasse la crête de la levée rive gauche à l'entrée d'Orléans sur plusieurs centaines de mètres et quelques décimètres de hauteur, provoquant une brèche par surverse en crue de période de retour 200 ans.

- Le **barrage de Villerest** opérationnel depuis 1984 écrête les crues fortes à hauteur de 500 à 1.000 m3/s au Bec d'Allier, suivant l'origine de la crue. La cote d'eau en Loire moyenne diminuera ainsi de l'ordre de 40 à 80 cm.

LES DYSFONCTIONNEMENTS CONSTATES LORS DU DIAGNOSTIC

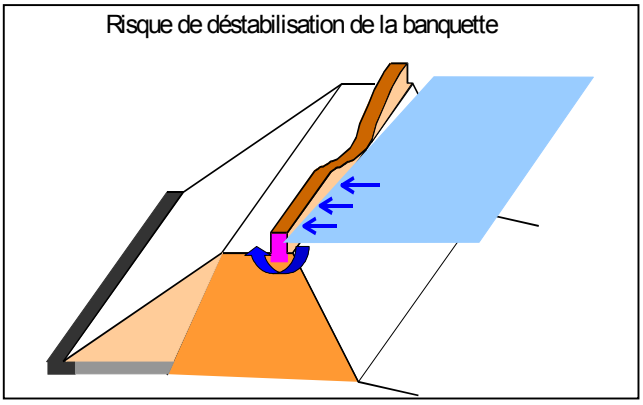
Pour la clarté du schéma, ne sont pas portés les 120 points de contact entre le lit mineur et les pieds de levées, répartis sur l'ensemble des vals sauf celui de Léré

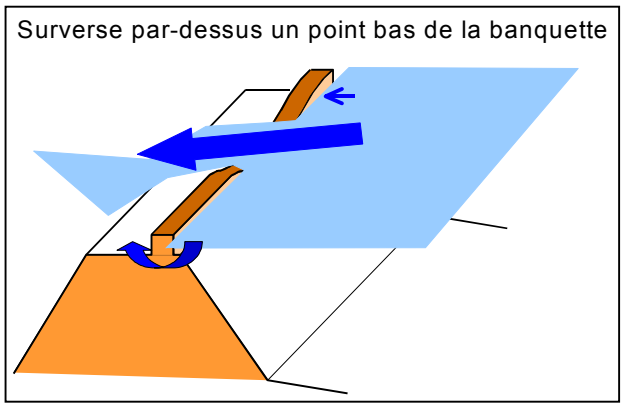



Avec l'action combinée de la surélévation locale des levées, de l'enfoncement du lit et de l'écrêtement de Villerest, les atteintes aux levées ont évolué et concernent à ce jour les linéaires suivants :

| | Crue 50 ans | Crue 100 ans | Crue 200 ans | Crue 500 ans |
|---|---|---|---|---|
| Longueur de banquettes atteintes par les crues | 10 km | 40 km | 60 km | 90 km |
| Longueur de surverse avérée par dessus les levées | 1 km | 20 km | 50 km | Difficile à estimer |

Ainsi l'amélioration, en matière de diminution des surverses, est indéniable. Mais elle s'accompagne d'**une fragilisation supplémentaire des pieds de levée** et d'une propension plus forte de **la végétation à encombrer le lit** et à augmenter les niveaux d'eau en crue. Au cours des quinze dernières années, les services gestionnaires de la Loire ont constaté un développement très rapide de la végétation. Simultanément, les moyens humains et financiers avaient plutôt régressé, ce qui a conduit à un état d'encombrement végétal de la Loire particulièrement préoccupant au moment où débutait le plan Loire, dont l'un des objectifs est le rattrapage d'entretien du lit.




Le **risque de brèche accidentelle** consécutif à un renard dans le corps de la levée a certainement diminué. Par contre l'enfoncement du lit mineur a augmenté sensiblement le risque de déstabilisation des pieds de levée qui le bordent. Le risque de brèche accidentelle a évolué mais globalement la probabilité d'apparition n'en a vraisemblablement pas diminué. C'est **ce risque qui reste le plus préoccupant en matière d'augmentation de dommage** : pour une crue de période inférieure à 200 ans, l'inondation des vals d'Orléans, de Cisse, de Tours et d'Authion, où sont concentrés les plus importants enjeux, ne se fera qu'à la faveur d'une ou plusieurs brèches accidentelles.

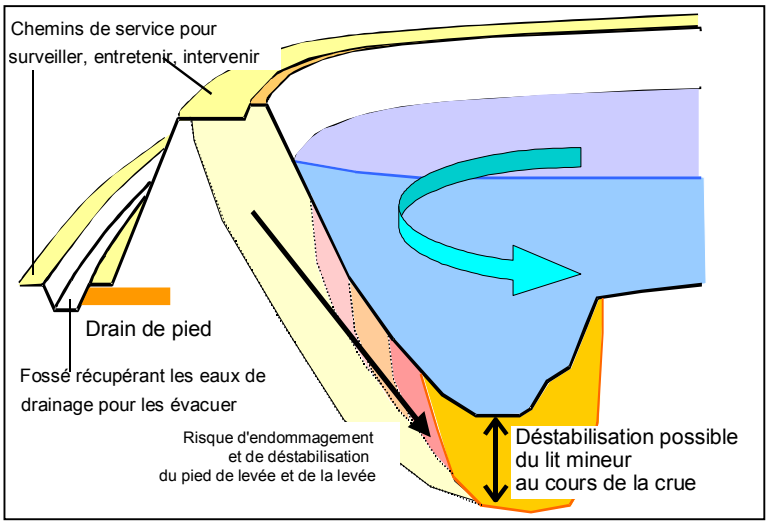



Schéma montrant le risque de déstabilisation d'une levée renforcée, en contact direct avec le lit mineur

**Ces brèches seules augmenteraient les dommages de 10 à 30 milliards de francs.**

Les **remontées de la nappe** peuvent aussi induire des inondations localisées dans les vals, soit aux abords immédiats des levées, soit dans des zones plus basses des vals. Ces inondations entraînent de moindres hauteurs d'eau mais des submersions relativement longues. Elles peuvent induire des dommages sur les secteurs urbains sensibles qu'elles toucheraient. L'étude Loire moyenne a engagé l'étude de ce type particulier d'inondation.

Les **embâcles de glace représentent un risque important et préoccupant** d'atteinte aux levées et d'apparition de brèches accidentelles, même en l'absence de crue réellement forte. Ce phénomène, que l'étude Loire moyenne n'a pas étudié spécifiquement, peut induire des inondations et des dommages lourds.

**L'état des levées et leur capacité à résister à une crue forte ou à des embâcles de glaces restent donc l'élément fondamental de la protection des Ligériens**, surtout dans les traversées des agglomérations d'Orléans, Amboise, Tours et Saumur. Des inspections et un entretien annuels, ainsi que leur surveillance et leur défense en période de crue, sont indispensables pour assurer leur bon comportement.

## 1.3 Des dommages et des impacts importants

L'étude s'est intéressée à caractériser les atteintes à attendre de la crue sur l'ensemble du patrimoine économique, naturel et architectural. Pour certaines atteintes, le travail n'a pu dépasser une phase exploratoire souvent pilote en la manière. Quand les données le permettaient, l'Equipe a pu proposer des évaluations indicatives des dommages probables. On retiendra en particulier:

- ✓ les dommages à l'habitat
- ✓ les dommages directs aux entreprises
- ✓ les dommages indirects aux entreprises (arrêt d'exploitation)
- ✓ les dommages aux équipements publics ponctuels, mais pas aux réseaux
- ✓ les dommages aux cultures et aux sièges d'exploitation agricole
- ✓ les dommages à la voirie (hors voirie de centre-ville)
- ✓ le risque d'atteinte aux milieux naturels d'intérêt écologique reconnu ou potentiel
- ✓ le risque d'atteinte au patrimoine architectural
- ✓ le risque de pollution chimique ou mécanique lors des crues.

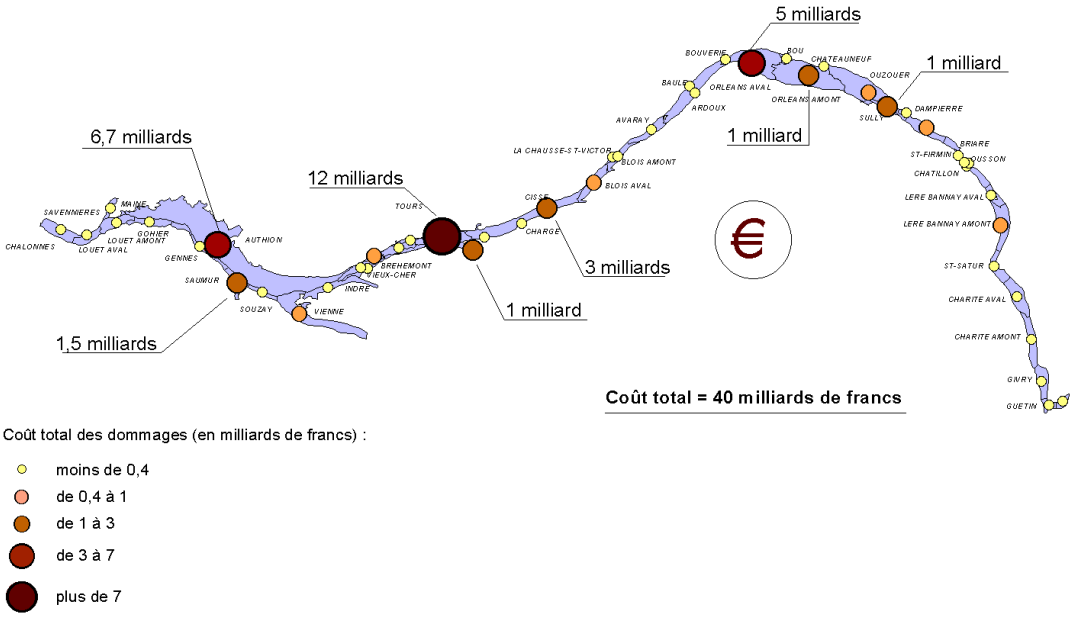
L'étude n'a donc pas pris en compte l'ensemble des dommages directs et indirects, en particulier les atteintes aux réseaux EdF, France Telecom et SNCF, les conséquences de leur interruption, les perturbations sur les entreprises hors de la zone inondable notamment par coupure d'accès routier. Elle n'a pu évaluer les dommages aux patrimoines naturel et architectural, ni aux sols agricoles, ni les conséquences sociales d'une inondation et leur coût, ni le coût des pollutions possibles et de leurs conséquences.

### 1.3.1 Des dommages évaluables

En l'absence de brèches accidentelles et sans tenir compte des inondations par remontée de nappe, **les dommages évaluables** ne dépassent pas 17 milliards de francs. Ce montant est à comparer au **dommage potentiel total évalué à 40 milliards de francs**[2]**,** pour une inondation comparable à celle de 1856 qui a inondé la totalité des vals suite à des brèches accidentelles dans les levées et des remontées de nappe.

[2] Les données sur les évaluations de dommages de crue restant relativement rares, les dommages sont nécessairement évalués avec une incertitude de l'ordre de 50 ou 100 %.

REPARTITION DU DOMMAGE MAXIMAL EVALUABLE
CORRESPONDANT A UNE INONDATION TOTALE DE LOIRE MOYENNE

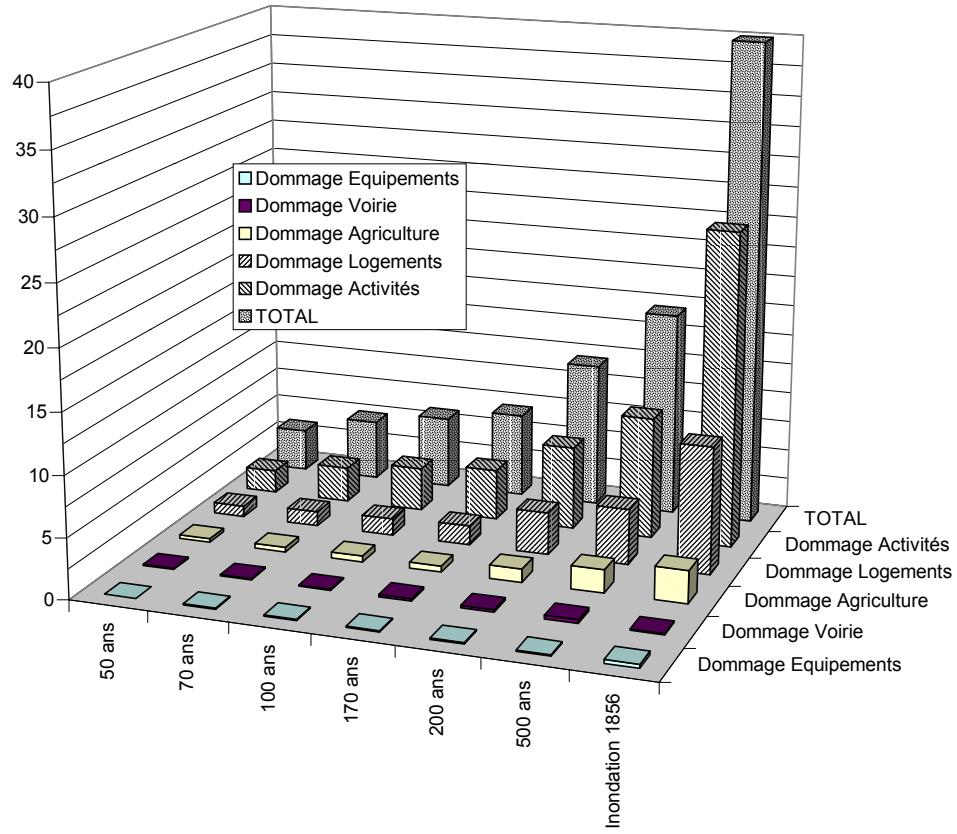



Le tableau suivant indique les montants de dommages évaluables, pour les crues de différentes périodes de retour, simulées dans les conditions actuelles du lit.

| Période de retour de la crue | Dommage Logements | Dommage Activités | Dommage Agriculture | Dommage Equipements | Dommage Voirie | TOTAL arrondi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 ans | 0.9 | 1.9 | 0.3 | 0 | 0.1 | 3.5 |
| 70 ans | 1.2 | 2.9 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 5 |
| 100 ans | 1.4 | 3.6 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 6 |
| 170 ans | 1.6 | 4.2 | 0.5 | 0.1 | 0.2 | 7 |
| 200 ans | 3.5 | 6.9 | 1.1 | 0.1 | 0.2 | 12 |
| 500 ans | 4.6 | 10.1 | 1.9 | 0.1 | 0.3 | 17 |
| Inondation 1856 | 10.5 | 26.1 | 2.7 | 0.3 | 0.1 | 40 |

Montants en milliard de francs – chiffres comportant une **incertitude qu'on peut estimer à près de 50 à 100 %**

Quelle que soit la période de retour, **les activités économiques représentent 60 % des dommages évaluables** et l'habitat 25 %. L'agriculture représente moins de 10 % et les équipements publics et la voirie quelques pour-cent.




**L'ouverture d'une brèche accidentelle** sur un val abritant des enjeux nombreux peut accroître très fortement les dommages. **Les remontées de nappe** peuvent aussi induire des dommages locaux non négligeables, dont la nature et les coûts diffèreront certainement d'une inondation par remous, surverse ou brèche. L'inondation du val de Tours représente un dommage potentiel de 13 Md F, celle du val d'Orléans ou d'Authion entre 5,5 et 6 Md F, celle du val de Cisse 4 Md F.

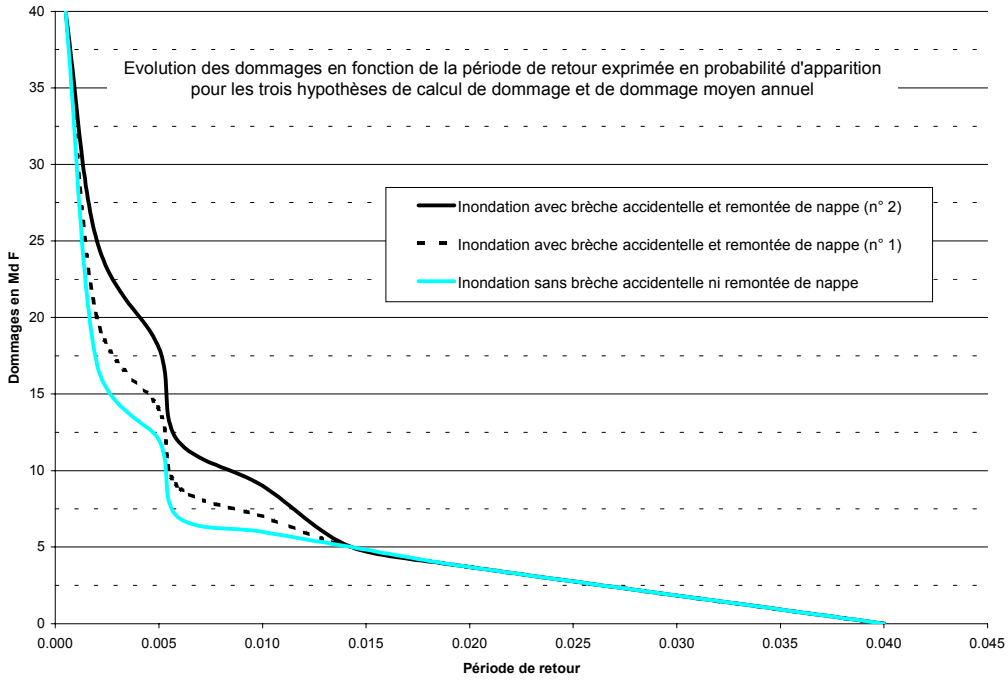
Pour tenir compte de ces aléas, l'Equipe a élaboré deux scénarios de dommages comprenant des **surcoûts dus aux inondations par brèche accidentelle et remontée de nappe**. L'évaluation intègre la probabilité d'apparition d'une brèche accidentelle ou d'une remontée de nappe pour un événement de période de retour donnée[3].

[3] Il apparaît ainsi raisonnable, en période de retour 500 ans, de considérer un dommage de 20 Md F, ce qui revient à ajouter 3 Md F au scénario de base, pour tenir compte des brèches accidentelles possibles dans les vals de Tours, Cisse et Authion amont : ces 3 Md correspondent soit à une inondation certaine et systématique des enjeux du val de Cisse, soit à une inondation certaine et systématique de 20 % des enjeux non encore inondés hors brèche accidentelle, soit à une inondation de type 1856 avec probabilité d'apparition de 20 % lors d'un événement cinqcentennal. Un raisonnement similaire est conduit pour les

Voici les résultats de cette prospective :

| | Dommage évaluable pour des crues de différentes périodes de retour | | | | | | DMA[4] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Période de retour | 50 ans | 70 ans | 100 ans | 170 ans | 200 ans | 500 ans | |
| Probabilité d'apparition | 1/50 | 1/70 | 1/100 | 1/170 | 1/200 | 1/500 | |
| Inondation **sans** brèche accidentelle ni remontée de nappe | 3.7 | 5 | 6 | 7 | 12 | 17 | 0.200 |
| Inondation **avec** brèche accidentelle et remontée de nappe (n° 1) | 3.7 | 5 | 7 | 9 | 14 | 20 | 0.225 |
| Inondation **avec** brèche accidentelle et remontée de nappe (n° 2) | 3.7 | 5 | 9 | 12 | 18 | 25 | 0.270 |

*Les dommages pour les différentes crues et le dommage moyen annuel sont exprimés en milliards de francs*
Tableau des montants évaluables de dommages pour les crues de différentes période de retour, avec et sans brèche accidentelle et remontée de nappe, ainsi que le dommage moyen annuel (DMA).




Graphe représentant les résultats du tableau ci-dessus

---

périodes de retour 100, 170 et 200 ans, avec un surcoût respectivement de 1, 2 et 2 Md F au dommage moyen. Un autre exemple (n°2) considérant des coûts plus forts, correspondrait à un risque plus fort de brèche accidentelle.

[4] Le dommage moyen annuel ou DMA traduit par un coût annuel, le dommage total de l'ensemble des crues en tenant compte de leur probabilité d'apparition. Il intègre ainsi les dommages résiduels de chaque aménagement sur l'ensemble des périodes de retour et pondère l'importance des dommages en fonction de la probabilité d'apparition de la crue qui en est à l'origine. Il est calculé, à partir des données obtenues pour les différentes crues simulées, sur la base de la formule d'intégration suivante :

DMA = $\int_{n=1}^{n=\infty}$ 1/n . Dn, où 1/n est la probabilité d'apparition d'une crue de période de retour n et Dn le dommage pour cette crue.

Le **dommage moyen annuel calculé sans brèche accidentelle ni remontée de nappe** est de l'ordre de 200 MF (à plus ou moins 100 MF près pour tenir compte des incertitudes de l'estimation).

Si on tient compte du risque de brèche accidentelle et des remontées de nappe, le **dommage moyen annuel** augmente sensiblement, de l'ordre de 25 MF et plus suivant l'ampleur que pourraient prendre les brèches ou la remontée de nappe.

### 1.3.2 Des dommages inévaluables

Les crues fortes fréquentes ont un effet bénéfique sur les milieux naturels et la morphologie du fleuve. Il n'en est pas de même pour les crues fortes à très fortes.

Sans attendre une étude d'impact liée à un aménagement, ni présager de ses résultats, l'Equipe a souhaité conduire une étude prospective pour caractériser et éventuellement hiérarchiser **les atteintes à craindre de ces crues sur les milieux naturels sensibles**.

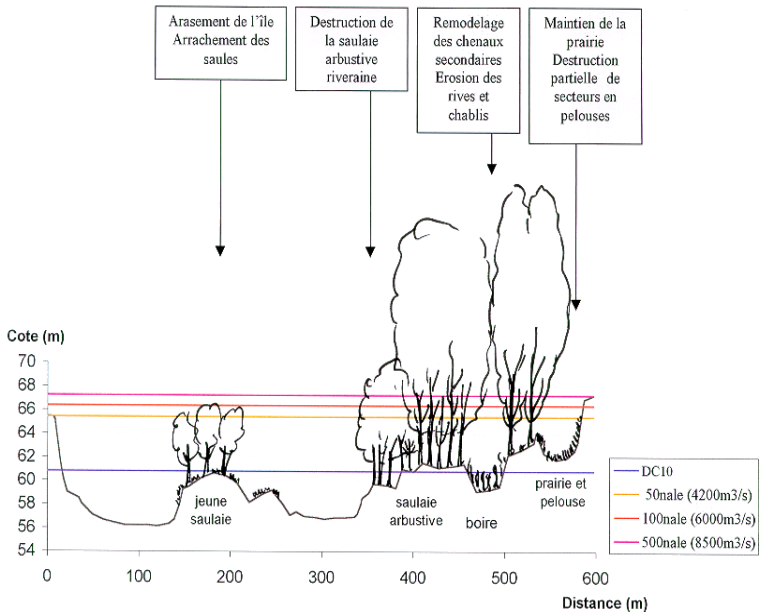
Ceux-ci tirent généralement leur qualité et leur diversité biologique de la combinaison de milieux secs et de milieux humides en connexion avec des zones basses des vals ou avec des affluents. La **richesse de ces milieux** dépend fortement des crues de fréquence annuelle ; les crues rares et fortes peuvent plutôt les perturber et les contaminer, par les limons, sables, graviers et polluants qu'elles transportent. Les écologues consultés ont rencontré des difficultés à estimer les conséquences des atteintes qu'ils ont su décrire dans la figure et les tableaux ci-dessous. Ils illustrent l'état de la réflexion actuelle.

Pour qualifier les impacts des crues fortes sur les milieux *(tableau)*, une échelle à 5 niveaux a été construite :

| | | |
|---|---|---|
| ++ | impact positif | Reconstitution du milieu avec sa structure d'origine rajeunie |
| + | impact favorable | Reconstitution du milieu en cours |
| 0 | impact nul | Maintien du milieu en l'état |
| - | impact négatif | Destruction partielle du milieu ou destruction complète mais locale du milieu |
| - - | Impact très négatif | destruction totale du milieu sur l'ensemble du périmètre d'étude |

| | Milieux \ Critères d'appréciation | Impact direct des crues l'année N | Impact des crues au cours des années suivant l'année N (avec retour au rythme normal de crues et d'étiages) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1-5 ans | 6-25 ans | > 25 ans |
| LIT MINEUR | Communautés des vases et sables humides | - - | + | 0 | |
| | Communauté des basses vaseuses du lit mineur | - - | + | | |
| | Communauté des hauts de grèves à *Hieracium peleterianum subsp. ligericum* et *Corynephorus canescens* | - - | + | | |
| | Communautés d'hélophytes, Mégaphorbiaies | de - à 0 selon les endroits | + | | |
| | Saulaies arbustives | | + | | |
| | Saulaie - Peupleraie | | + | + | |
| LIT MAJEUR ENDIGUÉ | Friche herbacée sèche | - | + | | 0 |
| | Pelouses et Lande à Armoise champêtre | - | 0 | + | |
| | Prairies naturelles | de - à 0 selon les endroits | 0 ou + | + | |
| | Landes à Genêts | | 0 | + | |
| | Fruticée (arbustes épineux) | | 0 | + | |
| | Frênaie - Ormaie | | 0 | 0 | + |
| | Chênaie à chêne pédonculé | | 0 | 0 | + |
| | Robineraie | | + | 0 | + |
| | Cultures | - | dépend d'interventions humaines | | |
| | Prairies mésophiles semi-naturelles | de - à 0 selon les endroits | | | |
| | Peupleraies plantées | | | | |

**Impacts des crues fortes et exceptionnelles sur les milieux naturels et anthropisés présents dans le lit endigué en Loire moyenne**




**Transect des atterrissements d'Onzain (PK 257)**

Une collaboration avec des démarches similaires sur la Vistule et l'Oder, et d'autres fleuves aux milieux naturels similaires, apporterait ici une connaissance importante et indispensable, pour **estimer la capacité de régénération des milieux** à la suite de crues très fortes et dommageables et envisager des techniques de prévention de ces atteintes.

On peut aussi attendre des **dommages au patrimoine architectural** difficiles à évaluer en l'absence de description précise des travaux qu'il faudrait conduire pour réhabiliter les cales, quais, ponts et autres maisons et immeubles atteints. Des œuvres d'art pourraient être endommagées ou détruites, sans qu'on puisse en estimer les conséquences sociales et financières.

Les crues très fortes perturberont **les paysages**, comme le rapportent bien les archives du siècle dernier, en particulier en modifiant profondément les forêts alluviales et en "polluant" les sols, suite à une brèche accidentelle, avec les matériaux gravillonnaires et sableux tirés du lit de la Loire. Il est difficile en l'état actuel de la réflexion, d'estimer la nature et le coût des atteintes et **leur impact social, environnemental et touristique**.

Une étude sur les risques de **pollution mécanique et chimique** a commencé à recenser les sources de pollution dans les vals (stocks de produits soumis à déclaration, stations d'épuration, entreprises sensibles, hôpitaux, etc.), les conditions dans lesquelles la propagation des polluants poserait des problèmes et les atteintes à craindre de ce type d'accident. Les résultats sont attendus dans le courant du deuxième semestre 1999.

De nombreuses **perturbations du système économique** ne sont pas décrites à ce jour : interruption d'activités pour des entreprises, interruption des réseaux de circulation, d'information ou d'énergie, *pretium doloris* sur les Ligériens, etc.

L'inondation des vals où l'agriculture joue un rôle essentiel peut conduire à une modification des sols ou une **évolution de leur mise en valeur agricole**, qu'il est actuellement difficile de décrire mais dont il conviendra d'envisager les éventualités et les conséquences avec la profession agricole.

## 1.4 Une lecture trop optimiste des résultats peut occulter des aggravations difficilement prévisibles et peu évitables

Une crue similaire à celles du siècle dernier, mais se propageant **sans brèche accidentelle**, inonderait **moins de la moitié** des vals qui l'ont été alors. La tentation est donc forte de se montrer optimiste et de croire que les inondations sont « endiguées » et n'existent plus.

L'Equipe invite cependant à être beaucoup plus mesuré pour les raisons suivantes :

- La population et les opérateurs économiques installés en zone inondable ont peu conscience des inondations possibles et de leurs graves conséquences. Leur **culture du risque** est **faible ou inexistante, voire faussée**, comme les nombreuses réunions d'information conduites l'ont révélé. Leur comportement pendant et après la crue, risque fort d'aggraver sensiblement les dommages. Il peut induire des dommages indirects, en particulier sociologiques, difficiles à estimer mais très importants. Une information des riverains concrète, ciblée et régulière influencerait positivement leur comportement. Elle est souhaitable mais aussi souhaitée et attendue, car les crues récentes à travers le monde préoccupent les Ligériens.

- **Les enjeux économiques et sociaux** actuellement exposés aux inondations sont incomparablement **plus vulnérables que ceux du siècle dernier**. En observant les implantations dans des points bas des vals, on peut déjà pronostiquer qu'une simple **remontée de nappe**, non encore étudiée, aurait des conséquences non négligeables.

- Les dommages d'une crue cinquantennale (3 à 5 Md F) ou centennale (de 5 à 7 Md F) se propageant sans brèche accidentelle, sont importants au vu des capacités du **système d'indemnisation existant** au niveau national. Ils restent pourtant modestes au regard du coût de 40 Mds F, résultant d'une inondation totale comparable à celle de 1856 et consécutive à des brèches accidentelles sur chaque val, ou au regard d'un montant intermédiaire résultant d'une brèche accidentelle dans l'un des vals de Tours, Orléans, Cisse ou Authion. D'autres bassins versants pouvant connaître une crue similaire en même temps que la Loire, comme en 1856, la solidarité nationale pourrait avoir des difficultés à faire face aux besoins.

- On ne dispose actuellement d'aucune expérience pour **gérer au mieux la crise** que peut représenter une crue forte ou très forte de la Loire. On doit s'attendre à une **nette augmentation des dommages** si une organisation des secours inadaptée conduisait notamment à intervenir trop tard sur les industries les plus sensibles. Le risque de pollution est certainement important mais encore mal connu, malgré un premier travail de l'Equipe : il induira des dommages supplémentaires. L'inondation coûtera **indirectement cher à l'économie nationale**, en particulier en

interrompant les voies de communication ou en dégradant un patrimoine culturel et touristique inestimable.

- De la Loire, qui représentait alors un moteur économique essentiel dont ils tiraient avec grande peine leur subsistance, nos ancêtres ont accepté, lors des inondations, des dommages lourds et des spoliations profondes, d'autant plus facilement qu'elle contenait en elle la source même des réparations nécessaires. Notre société aura plus de difficulté et vivra un **traumatisme social certain,** suite à une crue : le fleuve participe du monde des mythes, des loisirs, de la détente, du tourisme ; il attire par sa beauté et son charme. Il représente déjà, pour l'Etat et les collectivités territoriales, une lourde charge financière, dont le retour sur investissement n'est qu'indirect. Une crue augmentera davantage les charges, sans espoir d'un retour sur investissement rapide. Elle peut représenter un handicap interrégionnal certain.

- **Les milieux naturels** pourront subir des atteintes fortes aux conséquences certaines, soit sur le fonctionnement de l'hydrosystème de la Loire, soit sur sa qualité touristique et paysagère. **Les impacts sociaux et économiques sur les usages de la Loire** peuvent être importants. L'agriculture peut fortement évoluer à la suite d'une inondation majeure, ce qui modifiera l'utilisation des vals.

- L'appréciation que les Ligériens auront de la crue naissant dans le haut bassin dépendra essentiellement de l'interprétation qu'ils feront des informations qu'ils recevront alors en temps réel. Le rôle primordial des **médias**, la confiance des Ligériens dans les **autorités responsables**, le caractère précis et concret des **messages diffusés** et une **culture** permettant une **interprétation positive** des événements auront une **influence déterminante** sur le déroulement de la crise, donc sur les dommages indirects. Les Polonais et les Allemands l'ont expérimenté lors de la crue de juillet 1997.

- Enfin un examen des archives sur les politiques de gestion des inondations et sur la culture du risque au cours des siècles doit nous amener à ne pas sous-estimer l'**inertie du corps social** à l'encontre de la **prise en considération du risque**. Riverains et responsables ligériens ont montré qu'ils savent s'habituer au risque et se croient d'autant plus en sécurité que la météorologie est clémente. Ils oublient alors les contraintes que le **bon sens nourri d'une culture du risque** pourrait imposer de lui-même et montrent une tendance chronique à augmenter les enjeux exposés en zone inondable.

L'analyse de ces points conduit à attirer l'attention des décideurs sur la **nécessité de :**

- ✓ **renforcer <u>rapidement</u> notre capacité à gérer au mieux la crue et l'après crue et de**,

- ✓ **restaurer une culture du risque,**

pour éviter d'aggraver dramatiquement les conséquences et les dommages, directs et indirects.

## 1.5 Une nouvelle approche de la réduction des risques d'inondation avec un important volet économique à conduire en priorité

Les partenaires qui ont piloté l'étude ont **changé d'approche**. Ils en viennent à considérer qu'une stratégie, qui se cantonnerait à des travaux sur les levées ou à un nouvel ouvrage écrêteur et ne modifierait pas profondément **la connaissance et le comportement des riverains vis-à-vis du risque d'inondation**, porterait en elle-même les germes de **son propre échec à moyen terme**.

Le système de défense des vals de Loire reste toujours aussi vulnérable, en particulier vis-à-vis des brèches accidentelles, surtout s'il n'est pas régulièrement entretenu. **Une diminution des dommages** qui soit à la hauteur de l'augmentation considérable des enjeux que l'on constate**, ne peut reposer sur une diminution du seul aléa hydraulique**.

**Pour réduire les risques liés aux inondations, il faut se reposer en priorité sur une démarche durable de diminution de la vulnérabilité des biens exposés dans les zones inondables**.

Cette démarche relève davantage d'une **approche sociale et économique** et d'une réglementation harmonieuse du mode de vie en zone inondable, que d'aménagements, aussi importants, sophistiqués et clairement motivés et décidés soient-ils.

La diminution de la vulnérabilité des biens garantit aussi des dommages moindres dans le cas d'une inondation consécutive à des **brèches accidentelles provoquées par des embâcles de glace**. On dispose actuellement de peu de moyens de protéger les levées de manière totalement sûre contre ce type d'atteinte qui peut être très préoccupant.

# 2 Une stratégie globale et complète fondée sur une nouvelle culture du risque

L'étude a conduit les partenaires à faire la différence, dans la stratégie, entre :

- ✓ **une base indispensable à mettre en œuvre en toute hypothèse,**
- ✓ **des améliorations du système actuel de protection par levées et déversoirs,**
- ✓ **l'ouvrage écrêteur du Veurdre.**

## 2.1 Une base d'actions dans la durée, indispensable à la réussite de la stratégie

Cette base comprend des actions concrètes pour assurer :

- ♦ **une excellente capacité de prévision et de prévention de la crue et de gestion de la crise et de la post-crise**,
- ♦ **une stratégie de développement durable des zones inondables,**
- ♦ **un entretien, régulier et dans la durée, du lit et des levées**.

Elle est déterminante pour **assurer l'efficacité des autres mesures** envisagées en complément. Ils permettront de **minimiser les dommages directs et indirects**, au cours de la crue et lors de la décrue. Ils assurent un état optimal des protections existantes, pour résister correctement lors de la crue et faciliter la gestion de la crise.

Il est à noter **la priorité à accorder en toute urgence** au renforcement de la capacité de prévision et de prévention de la crue et de gestion de la crise et de la post-crise : l'expérience de juillet 1997 en Pologne sur des crues rares a révélé la nécessité d'un effort tout particulier de notre part pour savoir gérer des événements aussi étendus et majeurs.

### 2.1.1 Une capacité renforcée de prévision, de prévention et de gestion de crise

Le renforcement de la capacité de **prévision des crues** s'inscrit en complément de la modernisation et de l'extension géographique et fonctionnelle du réseau Cristal de gestion des crues et des étiages. Il nécessite d'adapter les outils de modélisation existant sur la Loire moyenne et sur les affluents amont, à un fonctionnement en temps réel. A partir de l'ensemble des informations collectées, on peut envisager la réalisation d'un système d'aide à la prévision, qui s'avérera utile en période de crise. Il demandera de renforcer

certains aspects, à préciser, en matière de prévision météorologique. Il s'intéressera aussi à rendre l'information diffusée pour avertir et mobiliser, à la fois plus compréhensible, plus pertinente et plus concrète.

Le renforcement de la **prévention des crues** accompagnera l'adaptation des **procédures d'annonce et d'alerte** à la situation exceptionnelle que représenteront des crues rares en Loire. Il favorisera et accompagnera, pour l'aspect inondation, l'élaboration des **dossiers d'information communale sur les risques majeurs** (DICRIM) prévus par la loi de 1987, ainsi que des **plans de secours** dont il est urgent d'accélérer la mise en place, avec les moyens humains et techniques que cela nécessite. Les informations socio-économiques collectées dans le cadre de l'étude Loire moyenne pourront servir à mieux cibler la prévention. Il conviendra de vérifier régulièrement la pertinence des informations collectées dans les différentes bases de données exploitées pour la prévention.

La prévention concerne aussi le **crédit à donner aux informations diffusées**. Sur la Loire moyenne en amont de Tours, l'absence d'événement majeur depuis 1907 peut faire craindre une difficulté des responsables à recevoir, accepter et interpréter correctement des niveaux de débit et de hauteur d'eau difficiles à concevoir au regard de l'enfoncement des lignes d'eau constaté actuellement à l'étiage. Les Polonais ont connu de telles difficultés en juillet 1997. Un travail important doit rapidement s'engager auprès des autorités responsables à l'échelle régionale et départementale, mais aussi auprès des services gestionnaires ainsi qu'auprès des entrepreneurs privés ou des gestionnaires de réseaux et d'établissements sensibles, dont l'inondation des biens qu'ils gèrent poserait les problèmes les plus importants sur la Loire. Ce travail doit être régulièrement repris et enrichi.

Le **renforcement de la gestion de crise** est un aspect très novateur et indispensable de la stratégie. Il concerne différents types d'actions, qu'il conviendra de compléter au fur et à mesure que l'on progressera dans ce domaine :

- ✓ **mieux prévoir et anticiper l'inondation des enjeux sensibles** (voies d'accès, industries sensibles, centres hospitaliers ou équivalents, ressources utiles pour les secours, etc.) est aujourd'hui possible avec le modèle hydraulique, la base de données sur les enjeux et l'expérience des services concernés. Avec les moyens ad hoc, on peut préparer à l'avance la gestion de la crise, sur la base des réflexions menées localement avec les diverses autorités concernées ainsi que d'exercices organisés à l'échelle du bassin.

- ✓ mettre au point **la gestion des moyens humains et matériels en temps réel** demande de créer des savoir-faire et des outils de gestion spécifiques, en appuyant les services spécialisés dans ce domaine et en préparant les collaborations nécessaires en période de crise.

- ✓ la gestion d'un événement de l'importance d'une crue forte repose obligatoirement sur **une coopération interdépartementale, interrégionale,**

**nationale voire européenne**. Elle ne s'improvise pas. Elle demande à renforcer les moyens matériels d'intervention disponibles aux différentes échelles territoriales et à les maintenir en état de fonctionner. Elle justifie de former régulièrement du personnel pour intervenir exceptionnellement, ce qui demande des moyens et crédits particuliers.

- ✓ **Les exercices ont un rôle essentiel,** comme le révèlent les Ligériens concernés par le risque nucléaire, qu'ils connaissent bien par les exercices rendus obligatoires. Il faut en conduire régulièrement sur diverses crues de la Loire, en associant les différents acteurs de la société civile et économique. Il convient aussi de se donner les moyens de mettre en application les recommandations d'amélioration qui en découleront.

La **gestion de la post-crise** est un enjeu nouveau et particulièrement important.

- ✓ Une fois la décrue entamée, des entreprises et des équipements sensibles justifient une **intervention prioritaire programmée**, pour éviter l'augmentation importante des dommages : dégradations dues à une humidité prolongée, ruptures graves de fourniture à des clients organisés en flux tendu, conséquences directes d'arrêts de fonctionnement prolongés.

- ✓ **La décrue représente une période à haut risque** : fragilité des levées suite à la vidange rapide, fatigue des équipes de surveillance, relâchement de la vigilance, risque de retour trop précoce d'habitants ou de salariés, dans les vals inondables en cours de décrue. Là encore, il convient d'anticiper le phénomène et les risques qu'il présente.

- ✓ Les résultats de la modélisation hydraulique y aident puisqu'ils permettent aujourd'hui de **mieux cibler les sites atteints** en premier par les crues et de réduire la dispersion des moyens disponibles.

- ✓ Des interventions rapides ciblées sur des sites particulièrement sensibles demanderont **des matériels et des compétences spécifiques**, qu'il faut acquérir et rendre opérationnels chacun à son échelon géographique jugé le plus pertinent (régional, national, européen).

Les **assurances** peuvent jouer un rôle important et efficace **en matière de prévention et de gestion de la post-crise**, par l'information qu'elles peuvent exploiter de leur relation avec leurs clients ou transmettre à ces clients, ou par leur éventuelle participation à la lutte contre l'aggravation des dommages lors de la post-crise.

### 2.1.2 Une stratégie de développement durable des zones inondables

Elle comprend :

- la reconstitution et la diffusion active d'une **culture du risque**, par une information large des Ligériens et une formation des responsables ayant à intervenir en période de crue. Elle profitera de toutes les possibilités d'information actuelles pour viser l'ensemble des riverains, à travers les corps administratifs et professionnels constitués (collectivités locales, chambres consulaires, notaires, usagers professionnels de la Loire, agence de l'eau, etc. ) et les lieux de l'émergence d'une culture (écoles, médias, associations diverses).

- la définition partenariale d'un **nouveau mode de développement** des collectivités locales situées en zone inondable, compatible avec le risque d'inondation et avec le contrôle de l'urbanisation en zone inondable. Les études pilotes conduites en Loire moyenne sur les cantons de Sully et Jargeau ou à St-Pierre-des-Corps laissent entrevoir des perspectives en ce domaine, pour faire émerger des politiques locales de développement économes en espace urbanisé et permettant de partager les ressources provenant des entreprises. Elles demandent une approche spécifique avec des outils techniques à adapter, à améliorer ou à créer.

- la diminution de la **vulnérabilité des biens exposés** aux inondations, qui concernera en priorité les activités économiques qui sont à l'origine de 60 % des dommages évaluables, mais profitera aussi de tous les travaux d'amélioration et de modification des équipements publics et de l'habitat. Il s'agit d'accompagner les entreprises dans une analyse de leur vulnérabilité à l'inondation, à travers un « audit inondation » en cours de définition, et dans des modifications de leur pratique ou de leur outil de production, pour réduire les dommages potentiels. Les adaptations ne concerneront pas seulement les équipements ou les bâtiments ; elles s'intéresseront aussi aux réseaux de communication, et de fourniture d'énergie, ainsi qu'à l'organisation de l'entreprise, interne et externe (relations avec des entreprises en amont et en aval de son activité) ; elles étudieront en détail le rôle essentiel pour le redémarrage que joueront les banques et les assurances avec lesquelles l'entreprise devra traiter.

- une **maîtrise foncière** de terrains dont la vocation viendrait à évoluer, en vue d'éviter l'exposition d'enjeux économiques et de vies humaines dans des secteurs à haut risque comme l'aval proche des déversoirs et dans les chenaux principaux d'écoulements, mais aussi pour accompagner l'évolution de la vocation des terrains.

L'échelle et le cadre territoriaux dans lesquels la stratégie se déroulera influenceront profondément les conditions de sa mise en œuvre et de sa réussite. Une **évolution vers des relations intercommunales plus fortes**, associant, d'une manière ou d'une autre, les communes des vals et celles des plateaux, serait un atout indéniable. Les orientations en

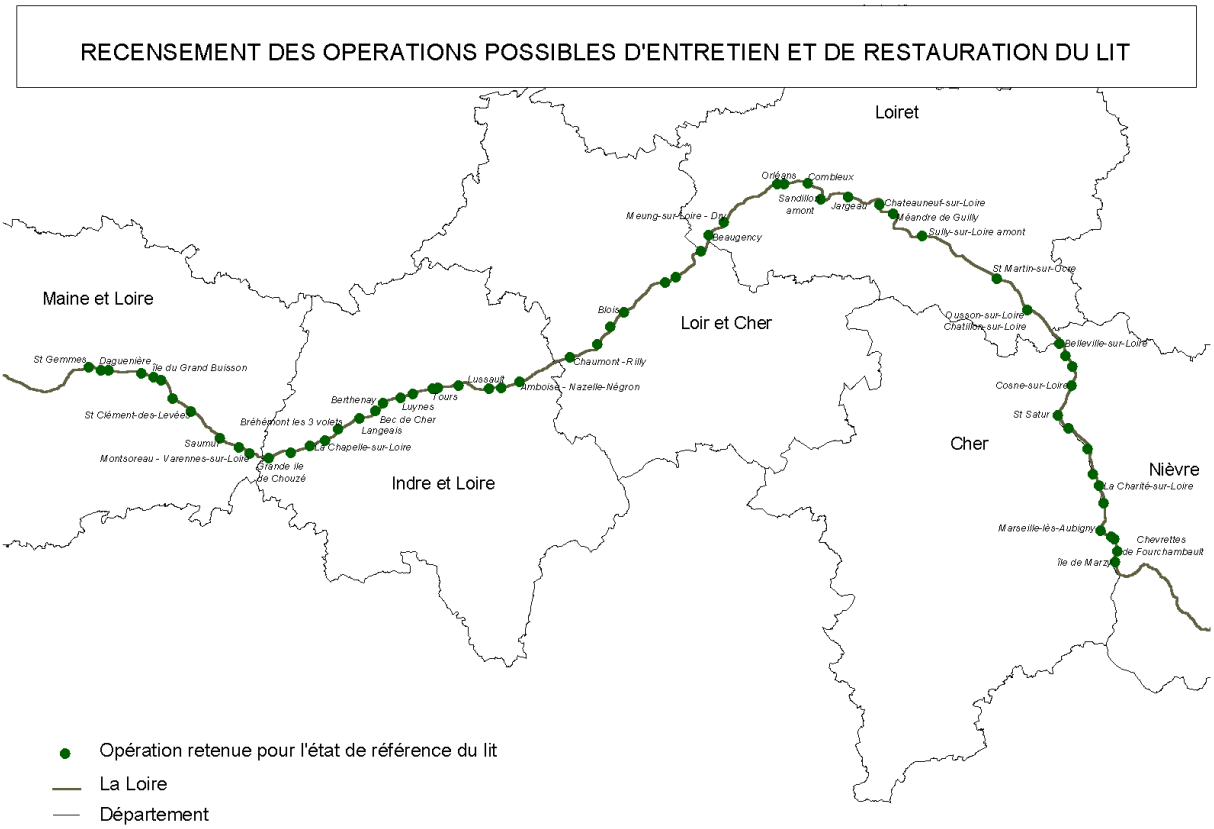
matière agricole, qui dépendent en partie des politiques nationales ou européennes, influenceront aussi la nature et donc la vulnérabilité de l'agriculture.

Ce volet de la base de la stratégie est particulièrement novateur. Des démarches pilotes en cours permettront d'en préciser le contenu. Il nécessitera de **nouvelles compétences et des métiers à créer**, aussi bien à l'échelle locale, que régionale ou nationale.

### 2.1.3 Un entretien régulier des levées et du lit de la Loire

**L'entretien régulier et homogène du lit et du système de protection par levées et déversoirs** leur conservera un état jugé optimal, ce qui nécessite de :

- ✓ **surveiller leur état** chaque année et à la suite de chaque crue relativement forte ;
- ✓ **surveiller régulièrement la ligne d'eau** en crue et à l'étiage et la **topographie** du lit, pour détecter les évolutions qui peuvent modifier le fonctionnement des protections et des déversoirs ;
- ✓ connaître le **fonctionnement écologique** de l'hydrosystème de la Loire, pour optimiser les interventions d'entretien et maintenir une valeur écologique élevée du fleuve et de ses annexes.



Le modèle hydraulique révèle qu'un **lit insuffisamment entretenu et dégradé** entraîne des surélévations locales de la ligne d'eau de 30 à 70 cm, d'autant plus graves que le cours est resserré, ce qui est le cas dans les grandes agglomérations. Un entretien défectueux compromet clairement les bénéfices obtenus par l'écrêtement du barrage de Villerest ou par le renforcement des levées et peut modifier les niveaux d'atteinte et de rupture des protections : banquettes, fusibles. L'entretien concerne d'abord chacun des 60 sites prioritaires détectés, représentant 130 km du lit de la Loire mais aussi l'ensemble du cours étudié, tout en évitant, pour l'aval, des répercussions négatives des travaux réalisés à l'amont.

Le contrôle du couvert végétal des levées, une surveillance régulière de leur état et un entretien des ouvrages qu'elles supportent (banquettes, caniveaux pluviaux, ouvrages divers) ont fait longtemps défaut. Ce poste ne doit en aucune façon diminuer dans les années à venir, en particulier sur les vals où des enjeux humains sont présents à proximité immédiate des levées. Un accident survenant à la suite d'un **défaut avéré d'entretien** conduirait à des situations difficiles et induirait immanquablement des recours contentieux. Les résultats issus de la modélisation hydraulique permettent aujourd'hui de bien cibler les sites atteints en premier par les crues et d'optimiser les moyens nécessaires.

### 2.1.4 Une base dans la durée, socle de la stratégie

Elle représente **un préalable jugé indispensable** pour les raisons suivantes :

- L'actuelle **capacité de prévision, de prévention et de gestion de crise** pourrait ne pas suffire à éviter qu'une crue forte évolue immanquablement en catastrophe potentielle :
  - ✓ les Ligériens majoritairement ignorants de la gravité du risque ne sauront pas adopter le comportement adéquat en période de crise ni suivre les consignes données, ce qui réduira l'efficacité des services de secours ;
  - ✓ les responsables ligériens n'auront pas une claire vision des impératifs de gestion de crise et ne disposeront pas de la qualité de prévision de crue qu'une crue forte de la Loire justifierait ;
  - ✓ pour gérer au mieux leurs moyens humains et faire face au risque de dispersion, les gestionnaires de la Loire, les services de secours et les autorités compétentes manqueront de repères, de références, de données fiables et d'une expérience acquise lors de mises en situation dans le cadre d'exercices virtuels ;
  - ✓ il n'est pas acquis que l'ensemble des moyens matériels et humains nécessaires seront disponibles dans les délais courts imposés et qu'ils pourront intervenir de manière efficace tout le long du fleuve ;

- ✓ les décideurs auront à subir, sans s'y être préparés, la pression des médias nationaux et internationaux omniprésents au cœur de la crise.

- L'absence d'un mode de **développement durable des vals, adapté à leur caractère inondable,** crée toutes les conditions pour voir dans quelques années les dommages directs et indirects augmenter très significativement pour les raisons suivantes :

  - ✓ les enjeux auront augmenté dans le val, par un manque de rigueur vis-à-vis de l'urbanisation et par l'absence d'un mode de développement différent de la consommation d'espace ;

  - ✓ les acteurs économiques n'auront pas préparé leur entreprise à une éventuelle inondation et interviendront dans la précipitation, ce qui ne peut être qu'aggravant.

- Un **entretien du lit et des levées** déficient aggravera les conséquences de la crue :

  - ✓ L'entretien insuffisant du lit pouvant augmenter localement les hauteurs d'eau de 30 à 70 cm aggravera les inondations, pourra en provoquer de nouvelles et conduira la crue à verser localement par-dessus des levées, risquant d'ouvrir des brèches ;

  - ✓ Des levées insuffisamment entretenues et surveillées, et dont les faiblesses seront mal connues, offriront une moindre résistance aux atteintes et pourront plus facilement rompre de manière accidentelle.

**L'indispensable efficacité dans le temps** de cette base nécessite de disposer à la fois :

- d'une **compétence technique** disponible et pertinente sur les différents aspects envisagés (culture du risque, prévision, prévention, gestion de crise, gestion de la post-crise, entretien du lit, évolution du lit de la Loire, modélisation du fleuve et de son évolution), ce qui suppose :

  - ✓ de **former du personnel,**

  - ✓ d'**entretenir sa capacité d'intervention.** En particulier, il conviendrait de maintenir le savoir-faire accumulé sur les outils techniques que sont le modèle hydraulique du fleuve, le SIEL (Système d'Information sur les Evolutions du Lit de la Loire), le système d'information sur les levées, la base de données enjeux et dommages, la base d'information sur les lignes d'eau relevées en crue et à l'étiage, ainsi que sur les procédures mises au point pour l'entretien du lit du fleuve et le suivi de son impact.

- d'un **savoir-faire à inventer et maintenir sur de nouveaux thèmes**
  - ✓ préparation à la gestion de la crise à tous les échelons concernés,
  - ✓ développement durable des collectivités en zone inondable**,**
  - ✓ diminution de la vulnérabilité des entreprises, de l'habitat et des équipements publics,
  - ✓ reconstitution d'une culture du risque.

  Il y a là un important ***gisement de nouveaux emplois***, pour accompagner les entreprises et les chambres consulaires volontaires ou pour former et informer les responsables, à différents niveaux, en matière de connaissance et de prise en compte du risque.

- d'une **vigilance sur le moyen terme** à plusieurs niveaux :
  - ✓ persistance d'une *culture du risque* vivante, influençant de manière bénéfique les comportements,
  - ✓ efficacité de la politique de *contrôle de l'urbanisation* et de *développement durable* des vals,
  - ✓ présence, disponibilité et capacité d'*intervention des compétences nécessaires* lors de la crue (formation préalable, exercices virtuels, application des recommandations découlant des exercices),
  - ✓ état des *protections* qu'une crue sollicitera : berges, pieds et corps de levées, déversoirs, autres ouvrages,
  - ✓ *ouvrages de protection* : déversoirs, banquettes, points bas sur les levées, etc.; vérification topographique et simulation hydraulique de leur niveau de fonctionnement suivant l'évolution de la Loire ;
  - ✓ *évolution du lit* de la Loire : suivi, à l'aide du SIEL, de la morphologie et de l'enfoncement du lit, des lignes d'eau et de la topographie du fleuve ; vérification régulière du bon calage du modèle hydraulique .

- d'un budget de **fonctionnement annuel pour cette base indispensable, de l'ordre de 25 à 30 MF, à assurer dans la durée**.

- de **maîtrises d'ouvrage renforcées et concertées à l'échelle interrégionale**, pour certaines déléguées, qui assureraient à la fois :
  - ✓ **la programmation, la coordination et le financement régulier de l'entretien du lit et des levées**. Les DDE ou le SMN assurent la

maîtrise d'ouvrage des travaux à l'échelle départementale. Il convient de réfléchir à la nécessité de renforcer l'efficacité actuelle en disposant d'un opérateur interrégional renforcé pour assurer un appui technique et la coordination administrative du financement des opérations.

- ✓ **la coordination des moyens humains et techniques pour la gestion de crise**. Dès que l'importance de la crue justifiera de faire appel à des moyens dépassant les capacités des départements touchés, une coordination s'impose à l'échelle du bassin et en relation avec les autres bassins versants. Cette mission dépasse l'échelle départementale. Elle demande des moyens et un savoir-faire particuliers, à tester et maintenir opérationnels dans le cadre d'exercices.

- ✓ la définition et la mise en place à l'échelle régionale et locale d'**un développement durable des vals**, avec mise à disposition des acteurs concernés (principalement les collectivités territoriales) d'une **expertise forte** sur les outils et moyens techniques et juridiques, ainsi que sur les appuis financiers existants pour conduire leur politique.

- ✓ **la mise en place dans la durée de la stratégie :** la multiplicité des partenaires sans coordination forte à l'échelle du bassin, peut freiner la mise en œuvre de la stratégie et essouffler une dynamique difficile à maintenir dans le temps.

- ✓ **la cohérence des démarches nécessaires à la réussite de la stratégie**, assurée de manière globale par exemple par un accord cadre entre les partenaires, qui se déclinerait ensuite en conventions particulières, à l'image de celles existant déjà pour Cristal, pour les travaux dans le lit ou le renforcement des levées.

- ✓ **un accompagnement de la maîtrise foncière** des terrains encore disponibles pour l'urbanisation ou de ceux qui viendraient à changer de vocation à la suite de la mise en œuvre des plans de protection contre les risques naturels prévisibles (PPR). Les premières réflexions menées avec les collectivités locales sur des sites pilotes, révèlent la nécessité de cette maîtrise foncière.

**Cette base indispensable** représente les coûts détaillés dans le tableau du paragraphe 2.3. :

- ✓ **investissement de l'ordre de 525 à 675 MF TTC**

- ✓ **fonctionnement annuel de l'ordre de 25 à 30 MF TTC**[5],

[5] soit de l'ordre de 100 F/habitant/an ou 2.000 à 2.500 F/entreprise/an

## 2.2 Des travaux importants sur le système actuel de protection et un nouvel ouvrage écrêteur

### 2.2.1 Des travaux importants sur le système actuel de protection

**Remédier aux défaillances ou insuffisances constatées sur ce système** justifie les interventions suivantes :

- La poursuite du **renforcement du corps des levées** les plus stratégiques en particulier en Indre-et-Loire et dans le Maine-et-Loire.

- Une **protection localisée améliorée des sites déjà fortement inondés**, dans la mesure où elle n'aggrave pas, de manière prévisible, l'inondation d'enjeux particulièrement sensibles situés en aval. La protection par création d'endiguements de faible hauteur ou par installation ou renforcement de murets de défense de quais s'avère possible et efficace pour des périodes de retour comprises entre la décennale et la centennale. A partir d'une crue de période de retour 50 à 70 ans, les hauteurs d'eau souvent importantes entraînent des travaux relativement importants, qui sont coûteux et modifieront fortement les perspectives sur la Loire, les accès et le paysage. Il a été étudié des moyens de protection amovible ; ils posent le problème du délai nécessaire à leur mise en œuvre lors de l'annonce de la crue. Il faut donc s'attendre à voir les protections submergées par des crues plus fortes et ne pas apporter d'amélioration sensible par rapport à la situation actuelle. Une quarantaine de communes sont concernées, qui abritent près de 20.000 habitants et 2.000 entreprises, dont seule une partie pourra être mieux protégée.

- Une **homogénéisation de la crête des levées** pour éviter, de manière précoce, des surverses localisées justifiant une intervention humaine risquée et pouvant provoquer des brèches accidentelles par surverse, dans la mesure où cette homogénéisation n'aggrave pas, de manière prévisible, l'inondation d'enjeux particulièrement sensibles situés en aval. Elle concerne 12 km de sommet de levée soit 2 % du linéaire (voir la situation de ces surverses sur la carte des « dysfonctionnements constatés lors du diagnostic » en p. 12).

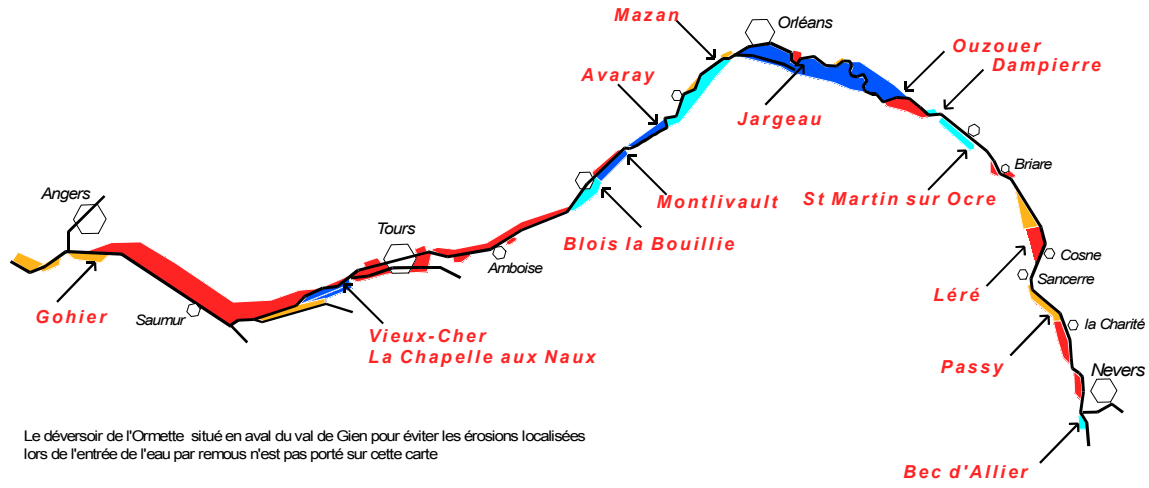
- Un **renforcement des banquettes** couronnant les levées et une **fiabilisation des fusibles de déversoirs** sur lesquels les crues viendront s'appuyer. Cela représente 90 km de banquettes soit 15 % du linéaire de levées et les 3 km de fusibles des déversoirs de type Comoy (voir la carte des « dysfonctionnements constatés lors du diagnostic » en p. 12).

- Un **renforcement du pied des levées bordant le lit mineur**, pour éviter l'apparition de brèches accidentelles. Certains des 125 sites et 130 km de levées concernés ont déjà fait l'objet d'une protection à compléter, d'autres ne justifieront peut-être pas une intervention particulière si le val protégé est inondé dès le début de la crue. L'Equipe propose d'intervenir en priorité dans

les vals de Tours, Orléans, Cisse et Authion, qui concentrent les enjeux les plus importants et représentent la moitié des 130 km indiqués.

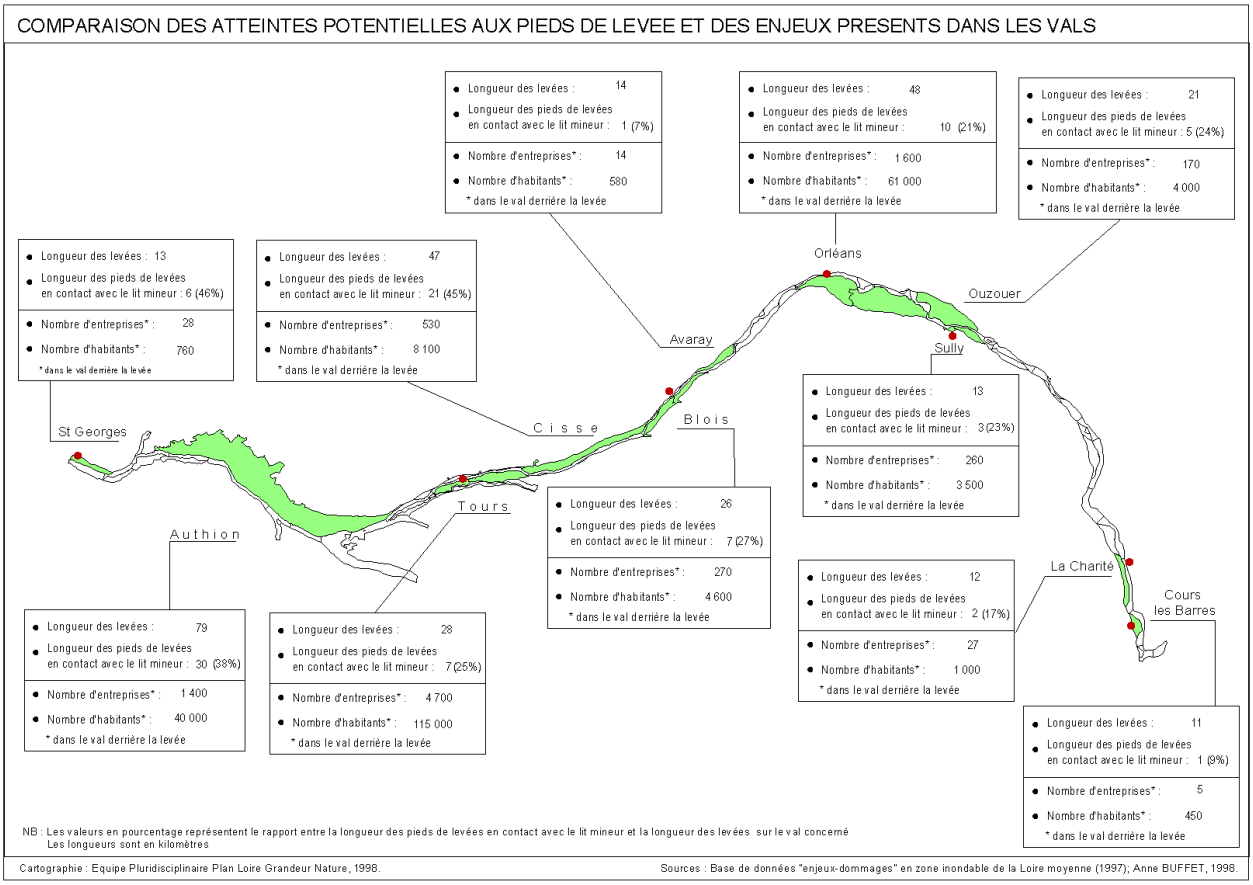
- Un aménagement particulier pour mieux protéger les **enjeux situés dans le prolongement des déversoirs venant à fonctionner** (Guétin, Passy, Léré, St Martin sur Ocre, Dampierre, Ouzouer, Jargeau, Mazan, Avaray, Montlivault, La Bouillie, Vieux-Cher, la Chapelle-aux-Naux, Gohier) dans la mesure où cette protection, envisageable sur quinze à vingt communes, n'aggrave pas, de manière prévisible, l'inondation d'enjeux sensibles présents en aval.

**Déversoirs de sécurité existant en Loire moyenne**




Le déversoir de l'Ormette situé en aval du val de Gien pour éviter les érosions localisées lors de l'entrée de l'eau par remous n'est pas porté sur cette carte

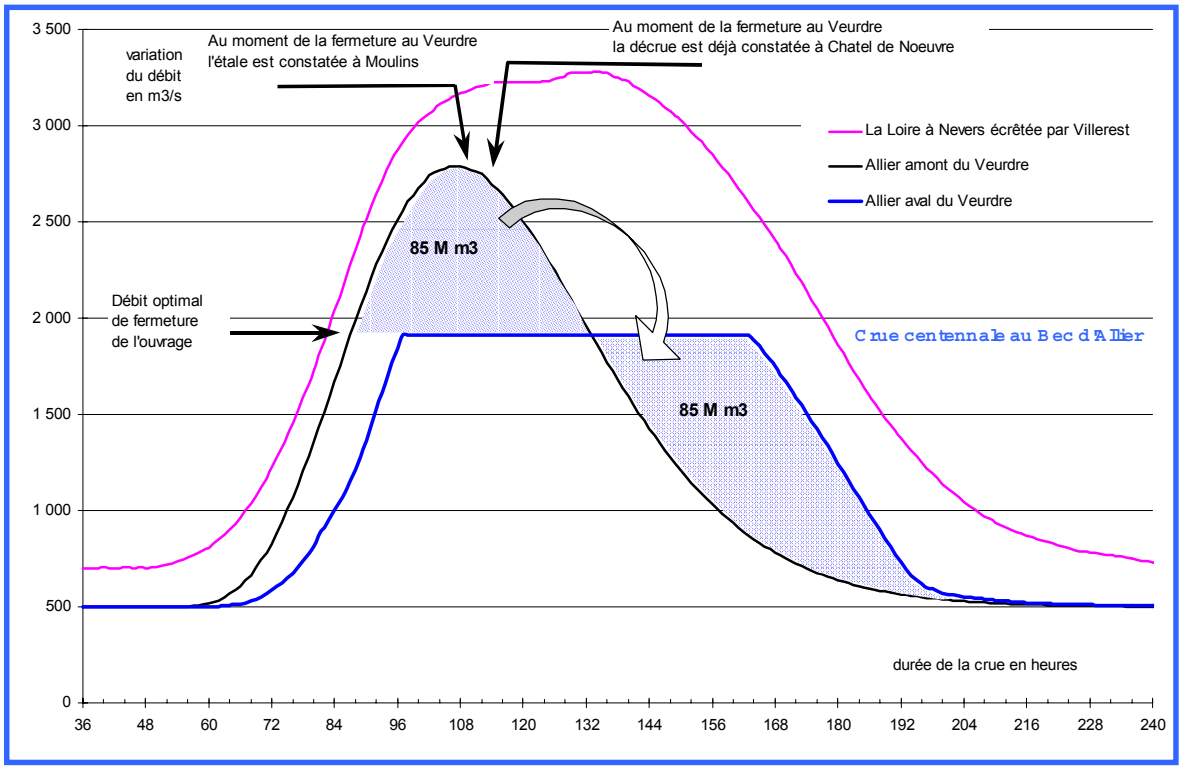
COMPARAISON DES ATTEINTES POTENTIELLES AUX PIEDS DE LEVEE ET DES ENJEUX PRESENTS DANS LES VALS



### 2.2.2 L'ouvrage écrêteur du Veurdre

En élargissant l'analyse du fonctionnement de l'**ouvrage écrêteur du Veurdre** à une large gamme de crues, l'étude Loire moyenne apporte un éclairage nouveau sur cet ouvrage :

- L'étude révèle **une capacité d'écrêtement** pour toutes les crues qu'aucun autre aménagement envisageable ne peut atteindre, sinon l'inondation de plusieurs vals importants qui sont en partie ou totalement urbanisés. Elle passe de 600 m3/s en crue cinquantennale à 900 m3/s en crue millénale. L'étude n'a pas identifié de crue qui saturerait la capacité d'écrêtement de l'ouvrage.




Modalités d'écrêtement de la crue de l'Allier par l'ouvrage écrêteur du Veurdre

| Débit ($m^3/s$) / Période de retour | Crue naturelle | Crue écrêtée par Villerest | Crue écrêtée par Villerest et le Veurdre | **Ecrêtement supplémentaire dû au Veurdre** |
|---|---|---|---|---|
| Cinquantennale | 5.200 | 4.200 | 3.600 | **600** |
| Centennale | 7.000 | 6.000 | 5.200 | **800** |
| Deux-centennale | 8.000 | 7.000 | 6.250 | **750** |
| Cinq-centennale | 9.500 | 8.500 | 7.650 | **850** |
| Millénale | 11.000 | 10.300 | 9.400 | **900** |

Valeur de l'écrêtement par le Veurdre sur les crues au Bec d'Allier

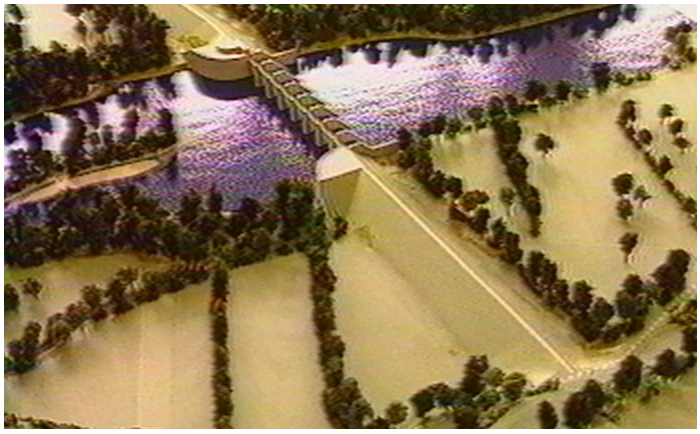
- En conséquence, le Veurdre abaisse la **cote maximale** en Loire de l'ordre de 20 à 50 cm en amont de Tours et de 5 à 20 cm en aval, en particulier dans la traversée des agglomérations où le lit est particulièrement resserré. **Il repousse à des crues plus rares les débordements et les surverses ;** il **réduit ainsi le risque de rupture suite à une surverse** par-dessus la levée ou à un appui sur une banquette couronnant la levée pour une crue donnée ou le reporte à une crue plus rare. Il ne supprime pas totalement les surverses pour les crues fortes à très fortes et **laisse entier le problème de protection de certains vals** où les déversoirs n'existent pas ou dysfonctionnent : Cours les Barres, la Charité amont, Léré et St Georges pour des crues entre 150 et 200 ans, Orléans pour une crue de 250 à 300 ans, Sully et Authion pour une crue de 400 à 500 ans.

- En aval du Bec de Vienne, l'effet écrêteur du Veurdre provient d'abord du **décalage** qu'il induit entre le passage des maximums de la crue de la Loire et de celle de la Vienne.

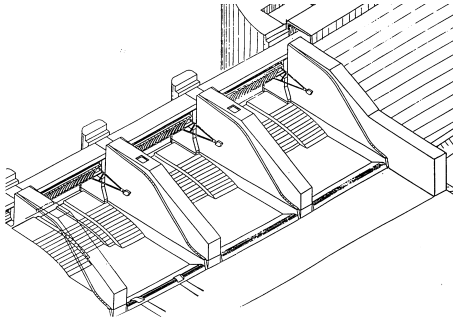
- L'étude montre des bénéfices méconnus et importants en matière de **prévision de la crue et gestion de la crise** : le Veurdre permet plus facilement de détecter et mesurer le maximum de la crue en aval immédiat du Bec d'Allier jusqu'à des périodes de retour similaires aux crues du siècle dernier. Il diminue les niveaux d'eau élevés et donc les longueurs de banquettes à surveiller en crue. Il évite généralement la formation de pics de crue pointus, qui aggravent les conditions d'inondation.

- L'impact du Veurdre sur les **brèches accidentelles par renard dans les levées ou leurs fondations ou par érosion** est réduit, dans la mesure où il n'abaisse pas les vitesses d'écoulement dans le lit mineur et laisse s'écouler des hauteurs d'eau importantes.

- Le Veurdre **ne protège pas définitivement les vals contre des inondations** par surverse pour une crue plus rare, dont la période de retour est augmentée de 20 à 50 ans.



Détail de l'ouvrage de fermeture



Le projet du Veurdre étudié est celui mis au point jusqu'en 1993. L'Equipe a proposé **le mode de gestion le moins sophistiqué** possible, qu'on pourra mettre en œuvre dans toutes les situations. Il tient compte uniquement des observations conduites sur l'Allier à Châtel de Neuvre ou même Moulins et sur la Sioule à Ebreuil. Les gestions plus sophistiquées étudiées, tenant compte des apports de la Loire, apportent moins de 10 % d'écrêtement supplémentaire.

Il reste à préciser la **période de retour des crues** à partir de laquelle il conviendrait de faire fonctionner l'ouvrage. Elle doit se révéler compatible avec les objectifs suivants :

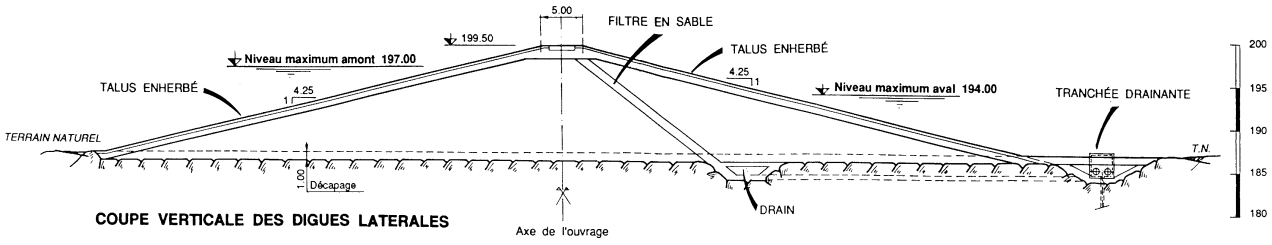
- ✓ fonctionnement suffisamment fréquent pour **consolider dans le temps le savoir-faire nécessaire pour faire réellement fonctionner** l'ouvrage autrement que par les seuls exercices virtuels ;

- ✓ absence d'influence de l'ouvrage sur les débits de crue qui participent au **renouvellement du lit du fleuve** et en particulier à **son entretien** ; les scientifiques s'accordent pour considérer que les crues qui modèlent le plus efficacement le lit du fleuve sont plutôt des crues longues et peu fortes, qu'on appelle juste débordantes et qui ont une période de retour comprise entre 1 et 8 ans suivant les sites ;

- ✓ évolution non influencée des **milieux naturels humides**, en ne perturbant pas la propagation des crues fréquentes qui modèlent le plus le cours et qui sont les premières à atteindre les annexes hydrauliques, même celles qui sont actuellement déconnectées du fleuve suite à l'enfoncement de son lit mineur (cf. point ci-dessus) ;

- ✓ persistance de la **culture du risque,** en laissant s'écouler les crues qui ravivent la prise de conscience de l'existence des crues mais ne produisent pas de dommages jugés insupportables.

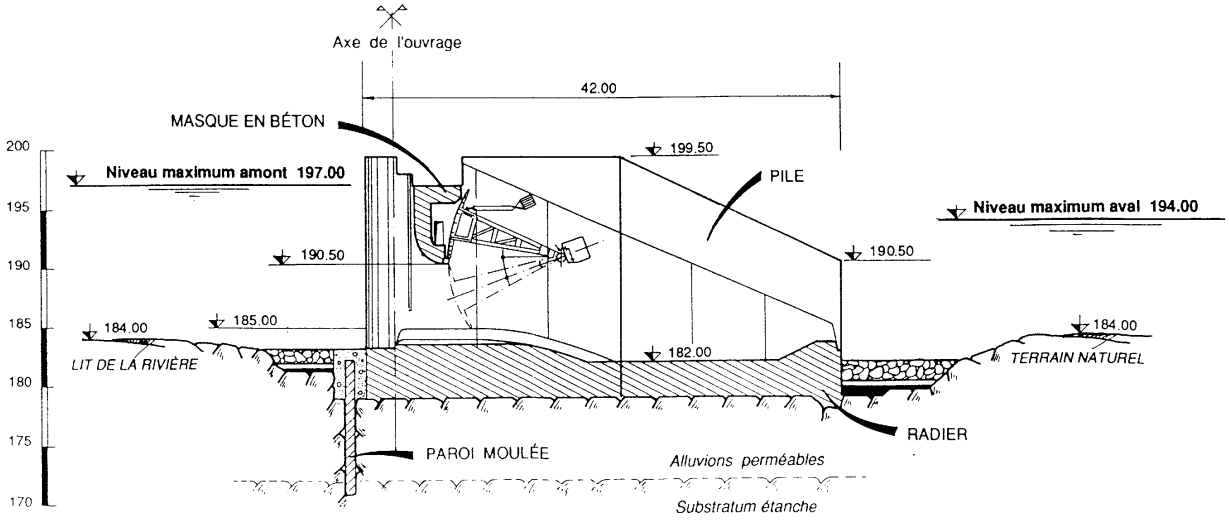
Ouvrage écrêteur du Veurdre : coupe transversale d'une digue latérale en terre



Le projet de 1993 prévoit explicitement que l'ouvrage pourra intervenir dès lors que les crues conjuguées de la Loire et de l'Allier conduiraient à **un débit supérieur à 3.000 m3/s au Bec d'Allier**. En général, les crues au Bec d'Allier se répartissent en apport pour 60 % de la Loire et pour 40 % de l'Allier, ce qui veut dire que le Veurdre n'interviendrait pas en moyenne en dessous de 1.000 m3/s sur l'Allier. De plus, les fentes ménagées dans la fondation des passes de l'ouvrage débitent toujours un minimum jusqu'à 800 m3/s lorsqu'un plan d'eau s'établit derrière l'ouvrage.

L'étude n'a pas examiné les **mesures d'accompagnement** à l'édification de l'ouvrage, qui seraient jugées nécessaires, ni posé les bases du **règlement de gestion** qu'un tel ouvrage nécessite.

**COUPE VERTICALE D'UNE PASSE DE L'OUVRAGE CENTRAL**



## 2.3 Coût de cette stratégie globale

Les différents aspects de la stratégie prévoient des **investissements** et un **fonctionnement annuel** dans les ordres de grandeur suivants (montants donnés en **F TTC**) :

| Thème | Investissement | Fonctionnement annuel |
|---|---|---|
| ***Une base indispensable fondée sur la prévision, la prévention et la gestion dans la durée*** | | |
| Renforcement de la capacité de prévision et prévention<br>Gestion de la crise et de la post-crise | 50 MF | 8 MF[6] |
| Développement durable des vals :<br>reconstitution d'une culture du risque<br>gestion de l'occupation du sol,<br>et diminution de la vulnérabilité des biens | 400 à 500 MF | 5 MF |
| Restauration du lit du fleuve<br>entretien annuel du lit et des levées | 75 à 125 MF | 12 à 20 MF |
| *Sous-total de la base indispensable dans la durée* | *0,525 à 0,675 Md F* | *25 à 30 MF* |
| ***Ouvrages de protection locale*** | | |
| Protections localisées des communes fréquemment et fortement inondées le long du cours du fleuve | 100 à 300 MF | 3 MF |
| Protections dans le prolongement des déversoirs | 200 à 400 MF | |
| Homogénéisation des levées, banquettes et fusibles | 100 à 150 MF | p.m.[7] |
| Fin du renforcement des levées les plus stratégiques<br>Renforcement du pied des levées bordant le lit mineur | 200 à 350 MF<br>300 à 750 MF | 2 MF |
| *Sous-total des ouvrages de protection locale* | *0,900 à 2 Md* | *5 MF* |
| ***Ouvrages de protection globale et d'écrêtement*** | | |
| Nouveaux déversoirs de sécurité sur les vals en amont de Gien | 75 à 150 MF | p.m.[8] |
| Ouvrage écrêteur du Veurdre | 500 à 1 000 MF | 5 MF |
| *Sous-total de ces ouvrages* | *0,575 à 1,1 Md* | *25 à 30 MF* |
| *Total de la stratégie (arrondi à 100 MF près)* | *2 à 3,8 Md F* | *35 à 40 MF* |

[6] ce montant comprend la participation pour la Loire moyenne, au fonctionnement du centre de gestion des crues et des étiages et du réseau Cristal.

[7] à comptabiliser dans les travaux d'entretien courant des levées déjà existantes

[8] idem

**L'estimation des investissements à prévoir reste à affiner :** d'une part des investigations techniques en cours cherchent à préciser les travaux à réaliser, d'autre part l'ampleur des interventions dépend du niveau de crue retenu pour définir la stratégie. A titre d'exemple :

- ✓ Les principes de la stratégie de **diminution de la vulnérabilité** sont actuellement en cours de définition et de test, pour être expérimentés et progressivement étendus à partir de l'année 2000 ;

- ✓ La **protection des pieds de levées** demande encore de définir plus précisément les techniques qui seront employées pour chacun des sites et nécessite une reconnaissance particulière subaquatique de chacun des sites dont on jugera la protection prioritaire ;

- ✓ Les **protections localisées des communes fortement et fréquemment inondées** demandent un travail au cas par cas. Elles pourraient faire appel en particulier à des techniques amovibles expérimentales et doivent s'inscrire dans une concertation approfondie avec les élus concernés, notamment en matière de paysage et d'usage de la Loire ; le budget dépendra des techniques utilisées, du niveau de protection et donc de l'ampleur des ouvrages, ainsi que des contraintes de mise en œuvre (en particulier insertion paysagère) retenues et prises en compte sur chaque site ; les coûts unitaires sont déjà globalement identifiés ; le montant de chaque opération découlera d'une étude détaillée sur chaque site, pour intégrer les aspects sociaux et patrimoniaux.

- ✓ Le diagnostic a révélé un besoin de protection complémentaire des enjeux présents dans le **prolongement des déversoirs** venant à fonctionner (Guétin, Passy, Léré, St-Martin-sur-Ocre, Dampierre, Ouzouer, Jargeau, Mazan, Avaray, Montlivault, La Bouillie, Vieux-Cher, la Chapelle-aux-Naux, Gohier). Chaque situation très particulière demandera une étude spécifique, à la fois sur des aspects techniques, mais surtout pour ses composantes foncières ou sociales. Les montants ne peuvent être qu'indicatifs, en attendant une information plus complète sur les besoins ou obligations de maîtrise foncière, de subventionnement des déplacements, d'accompagnement social de la démarche, mais aussi en cas de recours à la création de bras de décharge, de possibilité de valoriser le matériau extrait des vals, etc.

- ✓ La modification des **déversoirs existants** ou l'**implantation de nouveaux,** pour améliorer la sécurité du val et de ses habitants, nécessitent une concertation locale approfondie ; les techniques à retenir pour chaque site demandent un approfondissement des études en cours ;

- ✓ Le projet d'**ouvrage écrêteur du Veurdre** doit encore faire l'objet de précisions détaillées en p. 36 et dans le paragraphe 3.2. a).

Le **coût d'investissement de la stratégie augmente d'autant que l'on se protège de crues de plus en plus rares** :

- ✓ Ainsi, les investissements pour une crue centennale s'échelonnent entre 0,8 et 2 Md F, suivant que l'on réalise ou non certaines protections localisées ou l'ouvrage écrêteur du Veurdre.

- ✓ Pour une crue de période de retour 170 ans, ils varient entre 1,5 et 3 Md F, suivant que l'on réalise ou non certaines protections localisées d'une ampleur plus importante, de nouveaux déversoirs de sécurité ou l'ouvrage écrêteur du Veurdre.

- ✓ En crue de période de retour 500 ans, la fourchette s'établit entre 2 et 4 Md F.

**Le fonctionnement annuel n'évolue pas avec la période de retour de la crue**, mais selon les aménagements retenus. Quelle que soit la période de retour pour laquelle on choisira de définir la stratégie, il faut prévoir **un fonctionnement annuel minimum de l'ordre de 35 à 40 MF/an**, soit plus de deux fois le montant actuel et de l'ordre de 1/1000 du dommage maximal évaluable.

**La stratégie retenue par le comité de pilotage, qui intégre l'ensemble des aménagements proposés pour améliorer la réduction des risques d'inondation contre des crues d'une période de retour similaire à celles des crues de 1846, 1856 et 1866 et contre des crues plus rares sur les vals d'Orléans, Cisse, Tours et Authion présentant des enjeux plus importants, correspond à un investissement d'un montant compris entre 3 à 3,5 Md F TTC.**

Le montant maximal d'investissement évalué à 3,8 Md F TTC (que l'on arrondira à 4 Md F TTC) correspondrait à une protection de l'ensemble de la Loire moyenne, et non plus des seuls vals d'Orléans, Tours, Cisse et Authion, pour une période de retour de l'ordre de 200 ans

# 3 Des interventions précises à programmer dans un ordre qui reste à définir

La stratégie dont le chapitre 2 a présenté les éléments fondateurs, se déclinera concrètement en une série de démarches, d'interventions, de pratiques et de travaux d'aménagement, dont il ne revient pas à cette étude de définir l'ordre de mise en œuvre.

A ce stade de la définition de la stratégie et sans préjuger des priorités qui seront retenues finalement par les autorités, on peut :

- ✓ attirer l'attention sur la nécessité et la difficulté d'une approche globale pour assurer l'efficacité technique de la stratégie,
- ✓ indiquer le degré de maturation des différentes opérations et démarches envisagées, en particulier sur les aspects de concertation sociale locale et régionale,
- ✓ comparer les différents aménagements possibles au vu des enjeux touchés et des dommages induits,
- ✓ rappeler les aspects techniques qui pourront influencer la chronologie de mise en œuvre,
- ✓ comparer des alternatives à la stratégie, que les autorités viendraient à envisager s'ils décidaient de ne pas mettre en œuvre l'intégralité des solutions proposées à ce jour.

## 3.1 La nécessité et la difficulté d'une démarche globale et intégrée

La stratégie proposée est **globale**. Elle intègre à la fois des modifications des pratiques et des travaux d'aménagement. Elle reprend ainsi la notion d'**aménagement intégré** qui conclut le rapport de l'Ingénieur Chapon de 1989 : il donnait déjà à **l'organisation de l'espace** et à **la mise en valeur des milieux naturels**, le même poids qu'aux travaux d'**aménagement hydraulique**.

Cette approche traduit aussi la préconisation du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux Loire-Bretagne adopté en 1996, qui recommande de **savoir mieux vivre avec les crues**.

Elle se retrouve dans le plan Loire grandeur nature, plan d'aménagement global et intégré.

Dans les faits, il a fallu attendre la mise en place de ce plan en 1994 et un certain nombre de démarches qui l'ont précédé, pour ne plus voir les aménagements hydrauliques prendre le pas sur les autres interventions. Il est essentiel de s'inscrire désormais dans cette dynamique d'**aménagement intégré équilibré,** ce qui nécessite de disposer de **maîtrises d'ouvrage** capables de mettre en œuvre, de manière concertée, un programme aussi global.

En complément des exemples exposés au paragraphe 2.1.4., on peut en citer quelques autres pour illustrer les conséquences qu'aurait **une mise en œuvre partielle et non globale** conduisant à ne réaliser que certains aspects de la stratégie proposée :

- ✓ Les **nouvelles protections localisées** des communes fréquemment et fortement inondées ou l'**homogénéisation de la crête des levées et fusibles** pour éviter les surverses ponctuelles reportent les inondations ou surverses à des crues plus rares mais ne les évitent jamais totalement. Réaliser ces aménagements sans disposer, de manière efficace, de la base indispensable d'action dans la durée, risque d'augmenter les dommages à attendre des crues. En effet la vulnérabilité des biens exposés n'aura pas diminué, la prévention de l'inondation et la gestion de la crise ne seront pas adaptées à la situation locale et les Ligériens n'auront pas modifié leur comportement pour diminuer les dommages directs et indirects. Ces aménagements ne réduisent ni le risque de brèches accidentelles par atteinte des pieds de levée en contact direct avec le lit mineur ni les dommages qui découleraient d'une inondation consécutive à une telle brèche et laissent donc entier ce risque actuellement préoccupant.

- ✓ La **protection des pieds de levée** en contact direct avec le lit mineur réduit sensiblement le risque de brèche accidentelle mais ne l'annule pas totalement. Mieux protéger les pieds de levée sans conduire la base indispensable augmenterait le sentiment, alors illusoire, d'une plus grande sécurité. Pour éviter qu'une brèche accidentelle toujours possible n'induise des dommages amplifiés, il est nécessaire de conduire en parallèle la politique de développement durable et d'assurer une bonne évacuation préventive dans le cadre d'une gestion renforcée de la crise.

- ✓ Le comité de pilotage de l'étude a constaté que l'**ouvrage écrêteur du Veurdre réalisé seul** n'est pas une réponse suffisante à la réduction des dommages. Réalisé seul, il évite certaines surverses et les brèches accidentelles qui pourraient en découler. Il facilite la gestion de la crise. Il réduit, partiellement, les atteintes aux communes fréquemment et fortement inondées. Il ne diminue que très relativement l'atteinte aux pieds de levées en contact avec le lit mineur. Sa réalisation sans mise en œuvre efficace de la base indispensable risquerait de conforter l'illusion d'une protection définitive, avec des conséquences graves, lors des crues, en l'absence d'un changement de comportement des Ligériens.

- ✓ La **base d'actions dans la durée** est la composante fondamentale de la stratégie. Mais il convient de la compléter avec des aménagements pour diminuer le risque de brèche accidentelle, améliorer la protection localisée des enjeux fortement et fréquemment inondés ou réduire physiquement les atteintes locales à attendre des inondations. Elle réduira les dommages des biens inondés et facilitera la gestion de la crise. Elle ne réduira pas l'ampleur des inondations ni le grand nombre des sites demandant une intervention en période de crue.

## 3.2 Des opérations plus ou moins rapidement opérationnelles en particulier en fonction des aspects sociaux

En parallèle de la définition de la stratégie, les programmes en cours ont poursuivi leur déroulement et certaines démarches ont fait l'objet d'expérimentations ; d'autres restent encore à un état de définition relativement sommaire, soit que les aspects techniques sont relativement novateurs ou complexes, soit qu'ils demandent une importante concertation locale pour définir la nature des propositions techniques à formuler.

L'ensemble de la stratégie peut aussi faire l'objet d'un **débat public à l'échelle nationale**.

On peut donc faire aujourd'hui la différence entre :

a) **des opérations définies de manière suffisamment opérationnelle pour être engagées relativement vite** :

- ✓ information large sur le résultat de l'étude Loire moyenne, avec une série de documents pédagogiques, la reconduction des cycles de réunions d'information qui ont suscité un vif intérêt et répondu à des attentes exprimées, la création d'opportunités de formation des responsables, etc.
- ✓ vulgarisation active sur les inondations, les conditions de leur apparition, les atteintes et dommages qu'elles entraîneront, etc., en collaborant avec des créateurs intéressés utilisant les différents supports médiatiques possibles qui participent à la création d'une culture : livres, magazines, films, émissions ou séries TV, CD-Rom, site Internet, etc.[9]
- ✓ renforcement et maintien de la capacité de prévision de la crue,
- ✓ amélioration, avec les élus, de l'alerte locale en période de crue et réactualisation de sa pertinence et de la connaissance des élus à chaque renouvellement de la municipalité,
- ✓ actualisation des plans d'alerte et de secours, préparation de la gestion de crise avec les élus et les divers responsables concernés,
- ✓ élaboration du volet inondation des dossiers d'information communale sur les risques majeurs,
- ✓ conduite d'exercices virtuels de propagation d'une crue forte puis identification et mise en œuvre des recommandations qui en découleront,
- ✓ achèvement du programme de restauration et de rattrapage de l'entretien

[9] face à l'attente des Ligériens, on peut être ambitieux et proposer des actions dans différents registres culturels : restauration et mise en valeur des repères de crue, signalisation de tous les ouvrages participant à la protection contre les inondations le long de la Loire et explication de leur rôle, jeu de société (papier et CD-Rom) sur la gestion de la crue pouvant participer à la formation des responsables, émissions de vulgarisation TV et radio, outils d'informations adaptés au public scolaire, série TV autour d'une Loire en crue (sous forme de dessin animé inspiré des récits du siècle dernier), site Internet présentant les résultats de l'étude Loire moyenne, concours à nouvelles littéraires, expositions itinérantes, publication des archives du siècle dernier, commémoration du 150° anniversaire de la crue de 1856, etc.

du lit,

- ✓ poursuite de l'évaluation des effets des travaux de restauration du lit et de rattrapage d'entretien conduits depuis 1994 et du suivi des évolutions du lit de la Loire,
- ✓ capitalisation, et diffusion plus large, du savoir-faire acquis en matière d'entretien du lit de la Loire et des levées,
- ✓ achèvement du programme de renforcement des levées en particulier dans le val d'Authion et dans le val de Tours (Cher rive droite),
- ✓ mise en œuvre d'une surveillance régulière de l'état du système de levées,
- ✓ renforcement des banquettes atteintes par les crues,
- ✓ fiabilisation des fusibles des déversoirs d'Ouzouer, Vieux-Cher et la-Chapelle-aux-Naux,
- ✓ restauration de l'ouvrage anti-retour de la Cisse,
- ✓ protection des pieds de levées en contact avec le lit mineur, dans les secteurs jugés prioritaires pour lesquels des solutions techniques sont dégagées : val de Tours, traversée d'Amboise, amont d'Orléans, secteurs les plus sensibles et faciles à protéger du val d'Authion.
- ✓ mise en œuvre de l'ouvrage écrêteur du Veurdre, pour lequel il convient de prévoir une actualisation du dossier d'impact, comprenant une définition de la période de retour minimale de la crue provoquant sa mise en action, les mesures d'accompagnement à prévoir sur le site et des simulations de sa gestion.

b) **des démarches presque opérationnelles** qui demandent des **mises en œuvre tests** :

- ✓ audit inondation auprès des entreprises,
- ✓ groupes de travail locaux pour réduire la vulnérabilité des biens exposés et définir les modalités d'un développement durable,
- ✓ concertation locale pour définir les protections localisées des communes fortement et fréquemment inondées et les mettre en œuvre.

c) les programmes ambitieux qui demandent encore à en **affiner les aspects techniques** :

- ✓ hiérarchie de la protection des pieds de levées en contact avec le lit mineur, en dehors des traversées d'agglomération, en fonction du degré d'atteinte prévisible et de l'état actuel du site (ce qui nécessite des investigations de terrain importantes),
- ✓ technique à utiliser pour protéger au mieux le pied des levées en contact avec le lit mineur, tout en préservant voire favorisant la vie aquatique,
- ✓ aspects juridiques liés à la modification du système de protection par levée, à la modification des déversoirs existants et à la création de nouvelles protections localisées ou de nouveaux déversoirs de sécurité.

d) **des éléments de la stratégie qui demandent une importante réflexion complémentaire sur les secteurs ou vals** où ils doivent s'appliquer:

- ✓ lit endigué dans la traversée de l'agglomération de Tours (île Aucard et îles Noires),
- ✓ vals de Gien et Blois en aval des déversoirs existants,
- ✓ vals de Cours-les-Barres, la Charité amont et Léré : gestion des surverses inévitables,
- ✓ val d'Orléans : inondation par le déversoir de Jargeau ou la surverse à Château-Lumina, diminution du remous du Loiret par prolongement de la levée de Courpain,
- ✓ val d'Avaray : contrôle de l'emplacement optimal du déversoir et calage de son fonctionnement au niveau prévu par la commission Comoy,
- ✓ vals du Vieux-Cher et de Bréhémont : aménagement de la vallée et de la levée du Vieux-Cher, ainsi que des déversoirs du Vieux-Cher et de la-Chapelle-aux-Naux,
- ✓ vals de Cisse, de Tours et d'Authion : prévention des conséquences d'une rupture accidentelle de la levée.

## 3.3 Une première comparaison des différents aménagements possibles sur la base des enjeux et des dommages épargnés

L'étude a **comparé le bénéfice** à attendre des trois scénarios élémentaires d'aménagements suivants et de leur combinaison entre eux :

- ✓ renforcement du système de protection par levées et déversoirs (appelés de manière simplifiée « levées »),
- ✓ nouveaux déversoirs de sécurité,
- ✓ ouvrage écrêteur du Veurdre.

**La base considérée indispensable est prise comme référence**, plutôt qu'un état actuel dont il faut pallier les dysfonctionnements. Il s'agissait de comparer huit combinaisons différentes de ces scénarios élémentaires, pris seuls, deux à deux ou tous les trois.

L'Equipe a conduit ce travail préliminaire, tout en préparant les bases d'une comparaison plus complète qui pourrait être souhaitée, et qui prenne en compte des critères plus qualitatifs, dans le cadre d'une **éventuelle étude multi-critères**.

Le tableau de la page suivante détaille les **enjeux touchés par l'inondation**, pour trois critères de comparaison : la population atteinte, le nombre d'entreprises et le nombre de salariés.

Il indique les enjeux atteints, **en l'absence de brèche(s) accidentelle(s) dans les levées**, pour chacun des scénarios simulés : population et salariés sont indiqués en nombre de personnes, entreprise et entreprise de plus de vingt salariés en nombre d'individus recensés. La colonne « différence » indique la différence des atteintes d'un des scénarios avec les atteintes estimées dans la « base indispensables » prise comme scénario de référence. Les données proviennent de l'exploitation des données provenant des fichiers INSEE existant en 1997-1998, avec ventilation des enjeux en zone inondable effectuée par l'Equipe. Malgré leur apparente précision, ces données sont à utiliser avec précaution.

Voici les huit scénarios comparés en l'absence de brèche accidentelle et de remontée de nappe :

- Base : base indispensable d'actions dans la durée décrite en 2.1.
- « Levées »: Base + amélioration du système de protection par levées et déversoirs, c'est-à-dire homogénéisation des points bas détectés sur les levées, banquettes et fusibles ainsi que protection des pieds de levées en contact direct avec le lit mineur (125 sites sur 130 km). La protection locale des enjeux fréquemment et fortement inondés n'est pas inscrite à ce stade de l'étude dans les chiffres car il n'est pas possible aujourd'hui d'anticiper, même très globalement, les enjeux dont une politique de protection à négocier localement permettra d'éviter l'inondation. Le scénario 200 ans simule la fermeture de la rupture de la levée dans la traversée d'Orléans sans fonctionnement anticipé de Jargeau ce qui explique la grande différence d'enjeux protégés. Ce scénario présente un risque important de rupture accidentelle de la levée.
- Déversoirs: Base + nouveaux déversoirs de sécurité (sur les 3 vals amont dans un premier temps). Ce scénario apporte des modifications du fonctionnement uniquement pour les crues supérieures à la période de retour 150 ans.
- Veurdre : Base + Veurdre, sans aucune autre amélioration (les points bas demeurent présents sur les banquettes, levées et fusibles de déversoir, en particulier dans la traversée d'Orléans).
- Les autres scénarios sont des combinaisons deux à deux puis à trois des scénarios unitaires.

Avant la crue de période de retour 170 ans, le scénario « nouveaux déversoirs » n'intervient pas puisque ceux-ci ne fonctionnent pas. Pour les crues de période de retour supérieures ou égales à 200 ans, l'inondation ou non des vals d'Orléans (200 ans) ou d'Authion (500 ans) explique la plus grande part des différences d'enjeux exposés et masque les bénéfices à attendre en d'autres sites.

## Enjeux atteints pour les huit scénarios comparés et calcul des différences d'atteintes par rapport au scénario de base

| Scénarios | Critère de comparaison | Crue 50 ans | différence | Crue 70 ans | Différence | Crue 100 ans | Différence | Crue 170 ans | Différence | Crue 200 ans | Différence | Crue 500 ans | Différence |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | population | 25 000 | | 28 500 | | 38 500 | | 46 000 | | 88 500 | | 120 500 | |
| Base | entreprise | 1 750 | | 2 000 | | 2 750 | | 3 100 | | 4 250 | | 5 700 | |
| Indispensable | entreprise > 20 sal | 50 | | 50 | | 70 | | 80 | | 145 | | 190 | |
| | salariés | 7 500 | | 8 500 | | 11 500 | | 13 250 | | 20 750 | | 28 000 | |
| 1 | population | 24 500 | 500 | 26 000 | 2 500 | 33 000 | 5 500 | 38 500 | 7 500 | 44 500 | 44 000 | 100 000 | 20 500 |
| Levées | entreprise | 1 750 | 0 | 1 850 | 150 | 2 350 | 400 | 2 850 | 250 | 3 500 | 750 | 5 200 | 500 |
| | entreprise > 20 sal | 50 | 0 | 45 | 5 | 60 | 10 | 75 | 5 | 90 | 55 | 155 | 35 |
| | salariés | 7 500 | 0 | 7 750 | 750 | 10 250 | 1 250 | 12 500 | 750 | 14 750 | 6 000 | 23 000 | 5 000 |
| 2 | population | | | | | | | 38 500 | 7 500 | 88 500 | 0 | 120 500 | 0 |
| Nouveaux | entreprise | | | | | | | 2 850 | 250 | 4 250 | 0 | 5 750 | -50 |
| Déversoirs | entreprise > 20 sal | | | | | | | 75 | 5 | 145 | 0 | 190 | 0 |
| | salariés | | | | | | | 12 500 | 750 | 20 750 | 0 | 28 000 | 0 |
| 3 | population | 21 500 | 3 500 | 25 500 | 3 000 | 34 000 | 4 500 | 41 000 | 5 000 | 44 000 | 44 500 | 118 000 | 2 500 |
| Veurdre | entreprise | 1 250 | 500 | 1 750 | 250 | 2 250 | 500 | 2 800 | 300 | 3 100 | 1 150 | 5 650 | 50 |
| | entreprise > 20 sal | 30 | 20 | 45 | 5 | 60 | 10 | 70 | 10 | 85 | 60 | 185 | 5 |
| | salariés | 5 000 | 2 500 | 7 250 | 1 250 | 9 400 | 2 100 | 11 750 | 1 500 | 13 500 | 7 250 | 27 250 | 750 |
| 4 | population | | | | | | | 36 500 | 9 500 | 42 000 | 46 500 | 99 500 | 21 000 |
| Levées | entreprise | | | | | | | 2 700 | 400 | 3 250 | 1 000 | 5 250 | 450 |
| et déversoirs | entreprise > 20 sal | | | | | | | 70 | 10 | 85 | 60 | 160 | 30 |
| | salariés | | | | | | | 11 600 | 1 650 | 14 000 | 6 750 | 23 750 | 4 250 |
| 5 | population | 20 000 | 5 000 | 22 500 | 6 000 | 30 000 | 8 500 | 33 500 | 12 500 | 39 500 | 49 000 | 98 000 | 22 500 |
| Levées | entreprise | 1 250 | 500 | 1 600 | 400 | 2 100 | 650 | 2 550 | 550 | 3 000 | 1 250 | 5 250 | 450 |
| et Veurdre | entreprise > 20 sal | 30 | 20 | 40 | 10 | 60 | 10 | 65 | 15 | 80 | 65 | 155 | 35 |
| | salariés | 5 500 | 2 000 | 6 500 | 2 000 | 9 500 | 2 000 | 11 250 | 2 000 | 13 000 | 7 750 | 23 500 | 4 500 |
| 6 | population | | | | | | | 38 500 | 7 500 | 43 500 | 45 000 | 118 500 | 2 000 |
| Déversoirs | entreprise | | | | | | | 2 750 | 350 | 3 100 | 1 150 | 5 650 | 50 |
| et Veurdre | entreprise > 20 sal | | | | | | | 70 | 10 | 85 | 60 | 185 | 5 |
| | salariés | | | | | | | 11 500 | 1 750 | 13 500 | 7 250 | 27 250 | 750 |
| 7 | population | | | | | | | *33 500* | *12 500* | 37 500 | 51 000 | 99 000 | 21 500 |
| Toutes | entreprise | | | | | | | *2 550* | *550* | 2 900 | 1 350 | 5 250 | 450 |
| Améliorations | entreprise > 20 sal | | | | | | | *65* | *15* | 75 | 70 | 155 | 35 |
| | salariés | | | | | | | *11 250* | *2 000* | 12 250 | 8 500 | 23 750 | 4 250 |

### 3.3.1 Des enjeux épargnés

L'ordre de grandeur des enjeux atteints par les inondations pour l'ensemble des scénarios de comparaison est le suivant, en fonction de la période de retour.

| Période de retour | Crue 50 ans | Crue70 ans | Crue 100 ans | Crue 170 ans | Crue 200 ans | Crue 500 ans |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Population | 20 à 25.000 | 22 à 29.000 | 30 à 39.000 | 33 à 46.000 | 37 à 89.000 | 100 à 120.000 |
| Entreprises | 1.250 à 1.750 | 1.600 à 2.000 | 2.000 à 2.800 | 2.500 à 3.100 | 2.900 à 4.300 | 5.200 à 5.700 |
| Entr. + 20 sal[10] | 30 à 50 | 40 à 50 | 60 à 70 | 65 à 80 | 75 à 145 | 155 à 190 |

La comparaison des informations du grand tableau ci-contre amène les remarques suivantes :

Pour des crues **inférieures à la période de retour 170 ans** :

- ✓ la réduction apportée par le Veurdre seul ou les « levées »[11] seules est de l'ordre de 3.500 à 4.500 habitants et de 250 à 500 entreprises. Le Veurdre seul éviterait l'inondation d'une population légèrement plus importante que les « levées » seules et d'un nombre d'entreprises légèrement inférieur.
- ✓ Le Veurdre et les « levées » ensemble apportent un gain nettement plus élevé, proche voire supérieur au double, avec des gains, suivant les crues, de 5.000 à 8.500 habitants et de 400 à 650 entreprises, soit de l'ordre de 1.000 à 3.000 habitants et de 150 à 250 entreprises supplémentaires épargnées.

Pour une crue de période de retour **170 ans** :

- ✓ nouveaux déversoirs apporte le même gain que les « levées » (7.500 personnes et 250 entreprises).
- ✓ Le Veurdre seul protège moins de population (5.000 personnes) mais légèrement plus d'entreprises (300 entreprises).
- ✓ le Veurdre et les « levées » apportent le meilleur gain avec 12.500 personnes et 550 entreprises ; Le Veurdre évite le fonctionnement des nouveaux déversoirs.

Pour des crues de période de retour **200 ans** :

- ✓ installer de nouveaux déversoirs n'apporte aucun gain sensible particulier comme scénario pris seul ou supplémentaire lorsqu'il est combiné aux autres aménagements, sauf si les trois aménagements sont conduits ensemble. Dans ce cas, on compte 2.000 habitants et 100 entreprises épargnés supplémentaires.
- ✓ le Veurdre seul ou les « levées » seules protègent un même niveau de population (44.000 personnes), et d'entreprises (750 pour les levées, 1150 pour le Veurdre

[10] entreprises de plus de 20 salariés

[11] il ne faut pas oublier que le scénario « levées » comporte à la fois des améliorations du système de levée et déversoir existant mais aussi des protections localisées complémentaires dont le bénéfice n'a pas pu être estimée à l'heure actuelle.

avec même niveau de nombre de salariés); ces deux scénarios trouvent la majorité de leur gain en évitant l'inondation du val d'Orléans par surverse.

- ✓ le Veurdre et les « levées » apportent un gain de 49.500 habitants et 1.250 entreprises ; combiné avec les nouveaux déversoirs, on reste à un niveau similaire.

Pour des crues de période de retour **500 ans** :

- ✓ la différence principale entre les scénarios provient de l'inondation partielle ou totale du val d'Authion qu'ils induisent : seuls les scénarios comportant les « levées » évitent une telle inondation du val, ce qui conduit à diminuer les atteintes de 20.000 habitants et près de 500 entreprises ; les « levées » seules comportent ainsi la quasi-totalité du gain simulé pour les différents scénarios.
- ✓ le Veurdre seul, les déversoirs seuls ou ces deux scénarios combinés n'évitent pas la surverse dans le val d'Authion en amont par Chouzé pour les déversoirs ou en aval par la Belle-Poule pour le Veurdre. Le gain par nouveaux déversoirs est négligeable. Le Veurdre évite l'inondation de 2.500 personnes et 50 entreprises.
- ✓ La combinaison des trois scénarios ne change pas fondamentalement le bénéfice acquis par les « levées » seules, ou le Veurdre et les « levées ».

### 3.3.2 Des dommages diminués

La comparaison des dommages peut se conduire en utilisant **un outil économique classique : le dommage moyen annuel**[12]. Il traduit par un coût annuel, le dommage total de l'ensemble des crues en tenant compte de leur probabilité d'apparition. Il intègre ainsi les dommages résiduels de chaque aménagement sur l'ensemble des périodes de retour et pondère l'importance des dommages en fonction de la probabilité d'apparition de la crue qui en est à l'origine.

Pour situer l'effet d'une **politique de réduction de la vulnérabilité**, on peut avancer les premiers chiffres suivants : une diminution de l'ordre de 400 à 600 MF pour chaque crue simulée réduit de l'ordre de 20 MF, soit 10 %, le dommage moyen annuel[13].

**En l'absence de brèches accidentelles et de remontées de nappe**, le dommage moyen annuel des différents scénarios permet la comparaison suivante :

- ✓ Réaliser les « levées » seules, ou le Veurdre seul, représente une même réduction du dommage moyen annuel, estimé à 25 ou 30 MF, soit 15 % du dommage ;
- ✓ Le Veurdre et les « levées » ensemble doublent la réduction des dommages, pour atteindre 50 MF.
- ✓ Les nouveaux déversoirs, seuls ou associés, n'apportent aucune modification sensible du dommage.

[12] voir sa définition au paragraphe 1.3.1.

[13] En l'absence d'expériences validées, il n'en est pas tenu compte dans les résultats actuellement présentés.

| Scénario | Base | Levées | Veurdre | Déversoirs | Levées et Veurdre |
|---|---|---|---|---|---|
| Dommage moyen annuel en MF | 206 | 179 | 176 | 206 | 154 |
| Gain par rapport à la base en MF | | 27 | 30 | 0 | 52 |

Ce moyen de comparaison montre une différence nette entre les scénarios Veurdre ou « levées », qui apportent un bénéfice comparable, et le scénario « nouveaux déversoirs » qui n'apporte aucun bénéfice visible. C'est ne pas tenir compte de l'impact positif que les nouveaux déversoirs peuvent avoir sur le mode d'inondation des vals et sur les populations, impact qu'on ne peut estimer ni mettre en lumière par ce moyen de comparaison.

**En tenant compte des dommages supplémentaires dus aux brèches accidentelles et aux remontées de nappe** (selon la méthode présentée au paragraphe 1.3, en p. 16), le dommage moyen annuel des différents scénarios permet la comparaison suivante :

- ✓ Réaliser les « levées » seules, et en particulier le renforcement des pieds de levées en contact direct avec le lit mineur réduit le dommage moyen annuel de l'ordre de 40 à 60 MF ;
- ✓ Le Veurdre seul, qui n'influence pas sensiblement la réduction du risque de brèche accidentelle autrement que par surverse, réduit le dommage moyen annuel de l'ordre de 25 à 30 MF ;
- ✓ Combiner Veurdre et « levées » réduit le dommage moyen d'un montant de 70 à 100 MF, ce qui le ramène à une valeur de 150 à 170 MF ;
- ✓ Les nouveaux déversoirs, seuls ou associés, n'apportent, selon cette méthode, aucune modification sensible du dommage.

| Scénario | Base | Levées | Veurdre | Déversoirs | Levées et Veurdre |
|---|---|---|---|---|---|
| Dommage moyen annuel avec brèche accidentelle et remontée de nappe (hypothèse n° 2) | 270 | 190 | 220 | 260 | 160 |
| Gain par rapport à la base | | 80 | 50 | 10 | 110 |
| Dommage moyen annuel avec brèche accidentelle et remontée de nappe (hypothèse n° 1) | 230 | 185 | 200 | 230 | 160 |
| Gain par rapport à la base | | 45 | 30 | 0 | 70 |

Dommages moyens annuels exprimés en MF,
sur la base des hypothèses de brèches présentées en 1.3, p. 16

Ce moyen de comparaison montre une différence nette entre les scénarios Veurdre ou « levées », qui apportent un bénéfice, et le scénario « nouveaux déversoirs » qui n'apporte aucun bénéfice visible. Le rapport entre le bénéfice du Veurdre et celui des « levées » est

du même ordre de grandeur que le rapport des niveaux d'investissement qu'ils nécessitent (500 MF à 1 Md F pour le Veurdre, 1 Md F à 1,5 Md F pour les « levées »).

## 3.4 Les aspects techniques influençant la chronologie de mise en œuvre

Toutes les interventions proposées pour la stratégie ne pourront être mises en œuvre simultanément. Comme la liste dressée au point 3.2 le montre, certaines nécessitent en effet :

- ✓ une **concertation locale** qui demande des délais et implique des modifications des propositions initiales, à étudier,
- ✓ des **compléments techniques** parfois importants,
- ✓ un **arbitrage** vis-à-vis de leur impact local et régional,
- ✓ et, pour d'aucunes, le respect d'une **réglementation particulière** : loi sur l'eau, déclaration d'utilité publique, etc.

En particulier, toutes **les interventions dans le lit du fleuve** relèvent d'une autorisation dans le cadre de la loi sur l'eau et font l'objet, à ce titre, d'une enquête publique, voire d'une déclaration d'intérêt général ou d'utilité publique.

Certaines interventions se définiront à la suite d'une information complète des riverains, d'une concertation locale et d'un arbitrage amont-aval justifieront des approches particulières :

- ✓ les **nouvelles protections localisées de sites fréquemment et fortement inondés**, qui auront recours en milieu urbain à des techniques originales et demanderont pour certaines des phases de test en grandeur réelle ;
- ✓ les nouveaux **déversoirs de sécurité** ou la modification de la cote de fonctionnement des déversoirs existants ;
- ✓ la **protection des pieds de levées**, dont certains nécessiteront des compléments techniques importants ;
- ✓ l'**ouvrage écrêteur du Veurdre**, qui fera l'objet des compléments déjà cités ;
- ✓ des **protections** à envisager dans les vals qui ne seraient inondés qu'à la suite d'une **brèche accidentelle** de la levée (Orléans amont, Cisse, Tours, Authion).

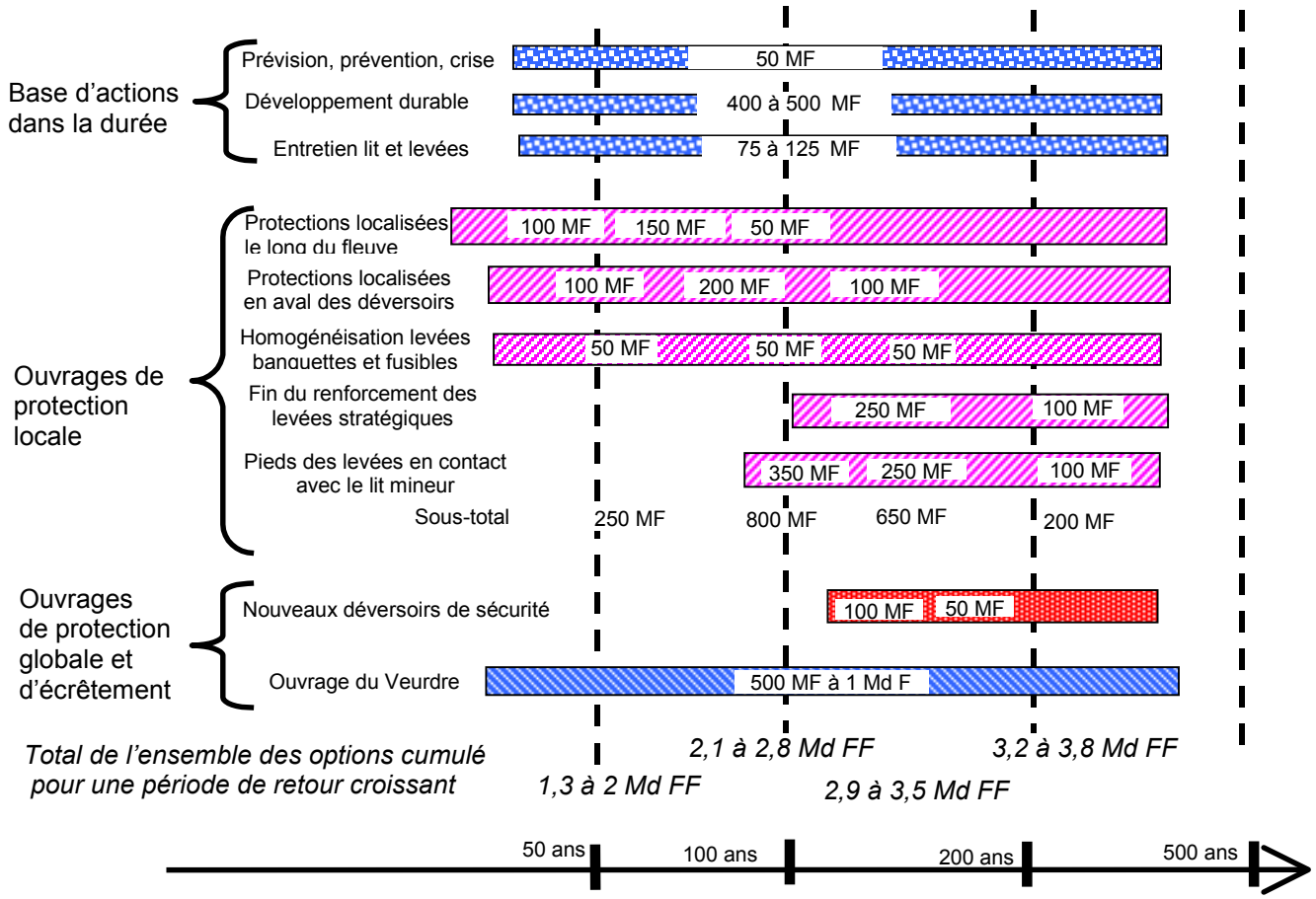
## 3.5 Une stratégie complète et ses alternatives

Le comité de pilotage de l'étude, composé de neuf membres représentant l'Etat, l'Epala et l'agence de l'eau Loire-Bretagne, s'est prononcé pour **une stratégie intégrant l'ensemble des aménagements** proposés pour améliorer la réduction des risques d'inondation contre des crues d'une période de retour similaire à celles des crues de 1846, 1856 et 1866 et contre des crues plus rares sur les vals d'Orléans, Cisse, Tours et Authion présentant des enjeux plus importants.

L'**investissement** correspondant à cette stratégie est **évalué entre 3 et 3,5 milliards de Francs TTC soit de l'ordre de 500 millions d'euros**.

Si au terme des concertations, les autorités venaient à proposer ou mobiliser un moindre montant, il faudrait retenir une alternative à la stratégie jugée optimale. Des critères techniques permettent d'éclairer le choix qu'il s'agirait alors de faire.

*Graphe présentant la répartition des différents postes d'investissements, en fonction de la période de retour au niveau de laquelle la stratégie améliorera la protection*



### 3.5.1 Une stratégie globale étalée dans le temps

L'engagement de 3 à 3,5 milliards de francs d'investissement, nécessaire pour mettre en œuvre la stratégie, et les changements culturels indispensables s'étaleront sur une durée d'au moins 15 à 20 ans. Il faudra donc conduire des opérations en préalable de certaines autres.

Les conclusions de l'étude Loire moyenne apportent un éclairage technique à la réflexion sur la chronologie des opérations, en particulier sur les points suivants :

- ✓ **la base d'actions dans la durée est un préalable indispensable** à la réussite de la stratégie. Il conviendrait de la mener intégralement de manière prioritaire, en consacrant une urgence particulière à la **gestion de la crise**. Son coût (de l'ordre de 0,5 à 0,7 Md F) approche le montant engagé par les partenaires lors du dernier contrat de plan Etat-Région pour les opérations liées à la Loire.

- ✓ **le risque qui augmente de manière la plus importante les dommages est celui de brèche accidentelle dans les levées protégeant les vals d'Orléans, de Cisse, de Tours et d'Authion**. Seule la protection ponctuelle des pieds et, localement, des banquettes, en plus d'une capacité de surveillance et d'intervention en période de crue, améliore la situation actuelle.

- ✓ **certains sites fréquemment et fortement inondés peuvent justifier une amélioration prioritaire de leur protection**. Elle passe par des travaux locaux, dont l'importance varie en fonction de la période de retour retenue pour la protection ainsi que de la présence ou non de l'ouvrage du Veurdre.

- ✓ **l'ouvrage écrêteur du Veurdre apporte un bénéfice d'autant plus efficace que les protections existantes ou à venir sont opérationnelles et entretenues** ; il améliore des capacités de prévision, prévention et gestion de crise déjà opérationnelles.

- ✓ **restaurer une culture du risque et impulser un mode de développement durable compatible avec les crues** représente un travail de longue haleine et un défi important. Il est avéré que les Ligériens ont toujours eu tendance à se sentir en sécurité, à la suite des travaux engagés jusqu'alors : modification, puis renforcement des levées, barrage de Villerest. Inverser la tendance demandera du temps, des moyens et de la détermination.

La réalisation dans la durée oblige à prendre en compte dès maintenant le **risque d'une inondation importante qui surviendrait avant l'achèvement de la stratégie**, donc avant la réalisation du Veurdre et du programme complet de protection des pieds de levées ou de protections localisées. Il faudra définir rapidement un argumentaire présentant le choix de la stratégie arrêtée par les autorités et le communiquer auprès du public avec l'ensemble des autorités qui l'auront adopté.

### 3.5.2 Des alternatives qui supposent des choix

Si la décision finale venait à **retenir une stratégie d'un montant inférieur à 3 milliards de francs**, les autorités retiendront une partie seulement des aménagements et démarches proposées par le directeur de l'Equipe pluridisciplinaire, en accord avec le comité technique de l'étude. L'étude a pu mettre en lumière des éléments permettant des stratégies cohérentes plus ou moins ambitieuses.

Quelle que soit la stratégie retenue, elle doit contenir la **base indispensable** évaluée à un minimum de l'ordre de 0,5 Md F, nécessaire pour assurer l'efficacité de cette base.

Le **renforcement des levées,** y compris de leurs pieds en contact avec le lit mineur et des banquettes sollicitées par les crues les plus fréquentes évite l'aggravation des dommages en réduisant le risque de **brèches accidentelles** dans ces levées. Il réduit le risque mais ne l'annule pas totalement. On peut envisager une stratégie ne comportant que quelques centaines de millions de francs de travaux de renforcement de levées. Elle doit dans tous les cas raisonner à l'échelle du val et non du seul site à protéger. Il suffit en effet d'une seule brèche accidentelle sur un val pour réduire à néant les efforts entrepris. Voici quelques critères techniques possibles :

- ✓ On peut retenir les vals accueillant *les plus forts enjeux* : Orléans, Cisse, Tours, Authion, avec des perturbations à craindre pour des crues égales ou supérieures à celles du siècle dernier. Ils représentent la moitié du linéaire total et vraisemblablement la moitié des coûts[14].

- ✓ Des vals présentent de moindres enjeux économiques ou humains mais leur inondation précoce suite à une brèche lors de la montée de la crue diminuerait très fortement *les capacités d'écrêtement de la pointe de crue* nécessaires pour protéger l'aval : val d'Ouzouer en crue inférieure à celles du siècle dernier, val de Sully pour les crues plus rares.

- ✓ Une brèche accidentelle dans certains vals réduits (Cours-les-Barres, la Charité amont, Léré, la Chaussée St-Victor) les inonderait en quelques dizaines de minutes engendrant des *risques humains importants* en l'absence d'une évacuation précoce des habitants.

- ✓ On peut lutter prioritairement contre les *surverses avérées* avant de renforcer les banquettes sur lesquelles la crue viendrait seulement s'appuyer ;

- ✓ On peut décider d'une *période de retour* à partir de laquelle les autorités acceptent de voir la crue verser par-dessus les levées ou risquer de déstabiliser les banquettes.

[14] Sur ces vals, les sites concernés ont généralement déjà fait l'objet d'une protection, qu'il conviendra de compléter.

L'achèvement du programme de **renforcement des levées les plus stratégiques** s'inscrit dans la suite logique des travaux déjà conduits et en renforce la cohérence. Les autorités qui devraient ne retenir que quelques opérations et définir le contenu « stratégique » de l'intervention, pourront s'appuyer sur les nouveaux éléments de réflexion apportés par l'étude sur :

- ✓ les risques d'atteinte des levées les plus préoccupants,
- ✓ la répartition des enjeux entre les vals et au sein d'un même val (amont –aval),
- ✓ la part tenue par les différents vals dans l'écrêtement des crues.

Les **nouvelles protections localisées de sites fréquemment et fortement inondés**, apportent un bénéfice dès les premières crues et jusqu'à des crues généralement inférieures à la centennale. Pour ne pas mettre en œuvre l'intégralité du programme, les autorités pourront :

- ✓ définir un niveau de protection servant de référence pour l'ensemble des sites, sous forme d'une période de retour maximale, d'un montant unitaire par site ou encore d'un ratio unitaire d'investissement consenti à l'habitant ou à l'entreprise à protéger ;
- ✓ retenir uniquement certains sites sur la base de critères à définir ;
- ✓ entériner éventuellement la volonté locale de ne pas subir une contrainte permanente forte liée à des protections, notamment localisées, et de préférer se préparer à la crue avec une moindre protection, ce qui réduira logiquement le coût des travaux pour les reporter sur des mesures d'accompagnement.

La **protection des enjeux situés dans le prolongement des déversoirs venant à fonctionner** (Guétin, Passy, Léré, Gien, Dampierre, Ouzouer, Jargeau, Mazan, Avaray, Montlivault, La Bouillie, Vieux-Cher, la Chapelle-aux-Naux, Gohier) concerne des sites qui ne sont pas atteints par des inondations de même fréquence ou par des aléas comparables. Une sélection des protections à envisager pourra reposer :

- ✓ sur une période de retour de fonctionnement des déversoirs, conduisant à protéger les sites en aval d'un déversoir fonctionnant pour une période de retour inférieure à telle valeur,
- ✓ sur un niveau d'aléa, évalué en terme de hauteur d'eau, de vitesse d'écoulement, de rapidité avec laquelle l'inondation se produira ou encore d'importance des enjeux atteints,
- ✓ sur un niveau de vulnérabilité ou un ratio d'investissement rapporté aux biens protégés.

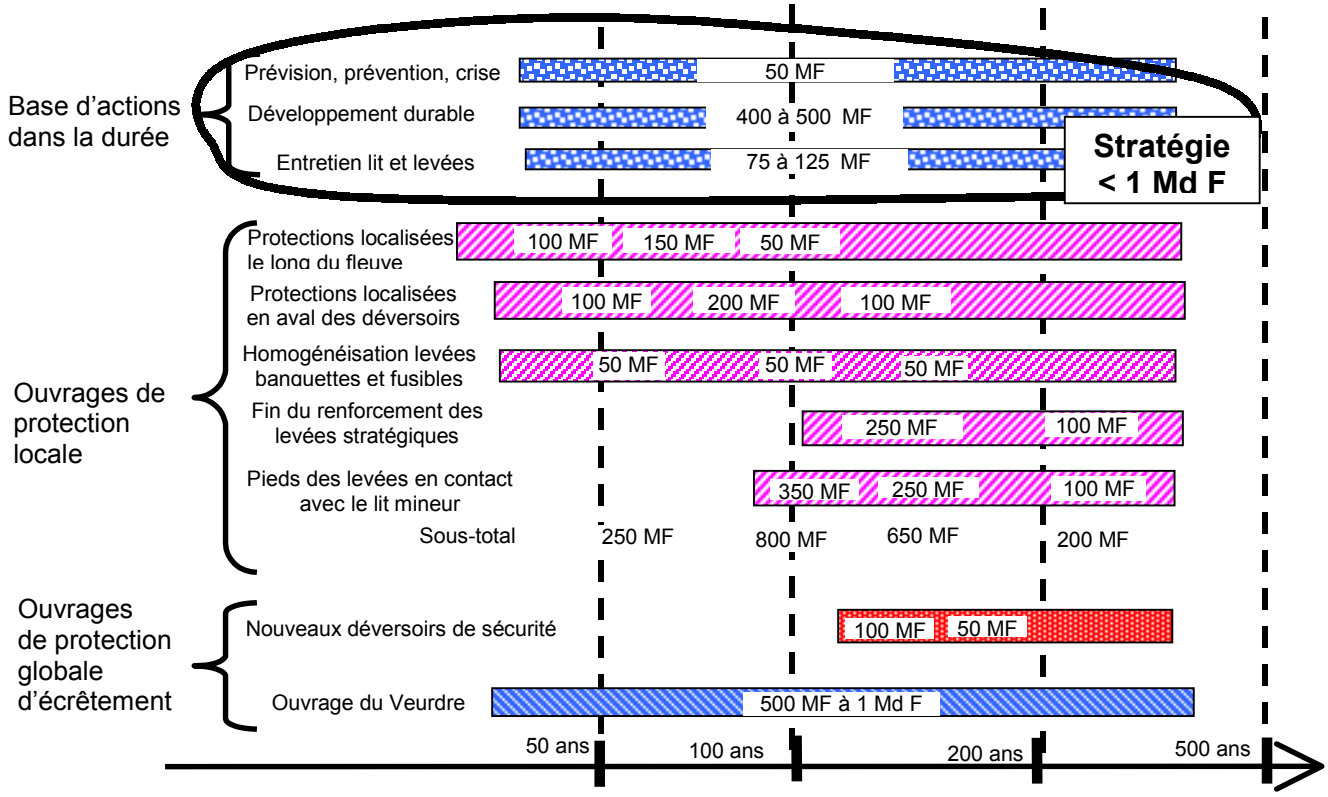
Les **nouveaux déversoirs de sécurité** sur les vals en amont de Gien sont utiles pour améliorer la protection des populations qui le souhaiteraient, pour des crues égales ou supérieures à celles du siècle dernier. Le choix de réaliser ou non ces déversoirs ou de n'en réaliser que certains reposera en particulier sur les résultats d'une concertation locale qui n'a pas encore eu lieu sur un sujet très sensible localement.

L'**ouvrage écrêteur du Veurdre** peut être retenu pour ses bénéfices décrits au paragraphe 2.2.2 : amélioration de la gestion de crise, diminution des longueurs de surverses et d'appui sur banquettes, diminution de l'ampleur des inondations dans les communes fortement et fréquemment inondées sans les empêcher systématiquement. Dans ces situations, et s'il est conduit sans un minimum de travaux de protections sur ces sites, il diminue les atteintes mais ne suffit pas à les éviter totalement. Son impact est réduit sur le risque de brèche accidentelle par renard ou de déstabilisation des pieds de levées au contact du lit mineur.

### 3.5.3 Quelques esquisses de scénarios

Suivant le **montant d'investissement** que les autorités seraient susceptibles d'affecter à une stratégie « alternative », plusieurs scénarios peuvent être mis en œuvre.

Pour un montant **inférieur au milliard de francs**, on ne peut concrètement envisager que la base indispensable qui représente un investissement minimum de 500 à 600 MF.

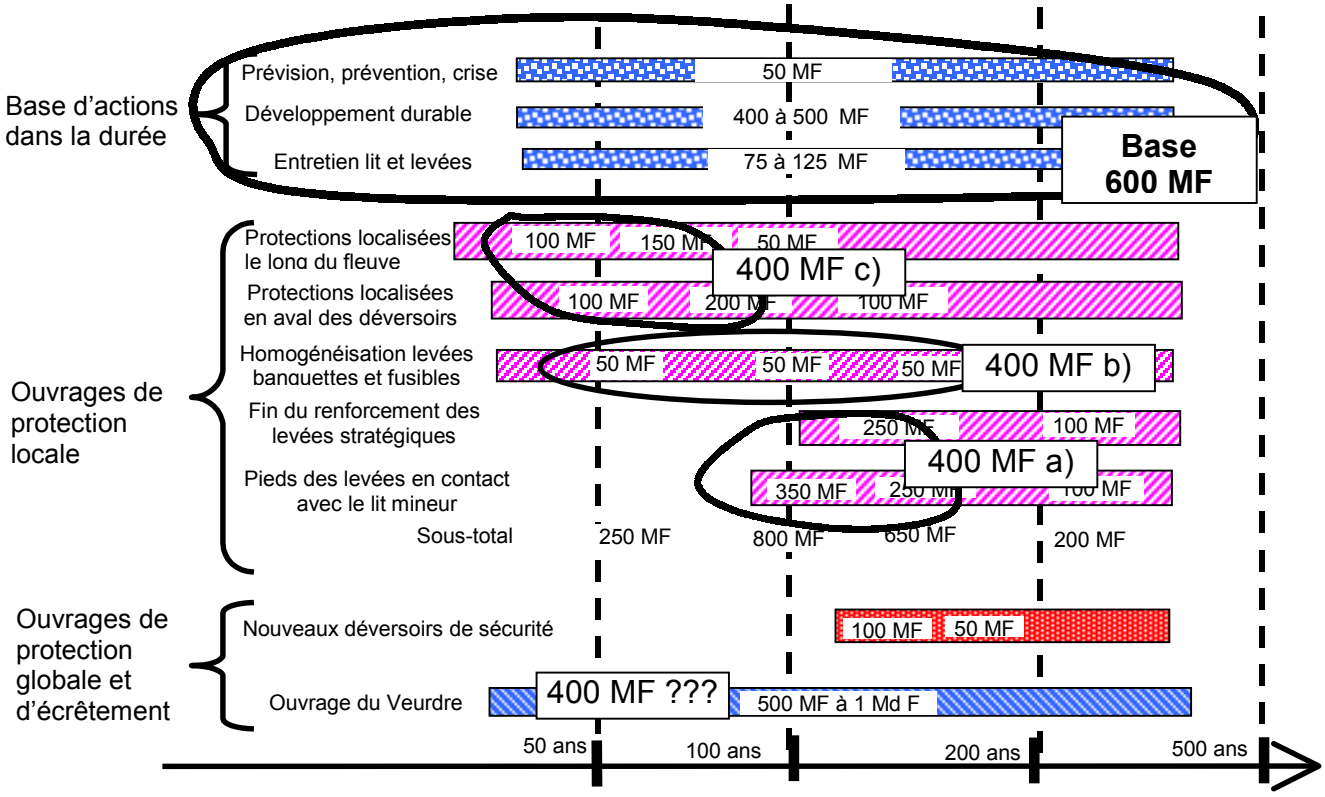


Pour un montant de **1 milliard de francs**, la base indispensable représentera déjà un investissement minimum de 500 à 600 MF. Pour le montant restant, de l'ordre de 400 MF, il faudra établir une hiérarchie stricte entre :

a) privilégier la prévention d'une aggravation potentielle forte des dommages liés au risque de **brèche accidentelle sur les vals aux plus forts enjeux**, en renforçant les levées dans la suite des travaux déjà réalisés mais non achevés, en protégeant les pieds de levées au contact du lit mineur et consolidant les banquettes sur les vals d'Orléans, de Cisse, de Tours et d'Authion, ce qui revient à s'intéresser à des crues de période de retour égale ou supérieure à 120 à 150 ans.

b) ou privilégier la prévention des atteintes certaines et identifiées consécutives aux **surverses par-dessus les levées ou les déversoirs**, en homogénéisant les crêtes de levées et déversoirs et en renforçant les premières banquettes atteintes, ce qui revient à s'intéresser à des crues de période de retour égale ou supérieure à 70 à 100 ans.

c) ou privilégier la **protection des communes fréquemment et fortement inondées** par des crues de période de retour égale ou supérieure à 30, 50 ou 70 ans, en particulier les parties de communes situées en aval des déversoirs de St-Martin-sur-Ocre et la Bouillie.




*Graphique indicatif des différents investissements possibles pour un montant de 1 Md F*

Dans cette optique, construire un scénario hybride reprenant une ou deux opérations parmi celles jugées les plus préoccupantes parmi les trois scénarios ci-dessus, tout en conservant une cohérence hydraulique, posera de grandes difficultés d'arbitrage.

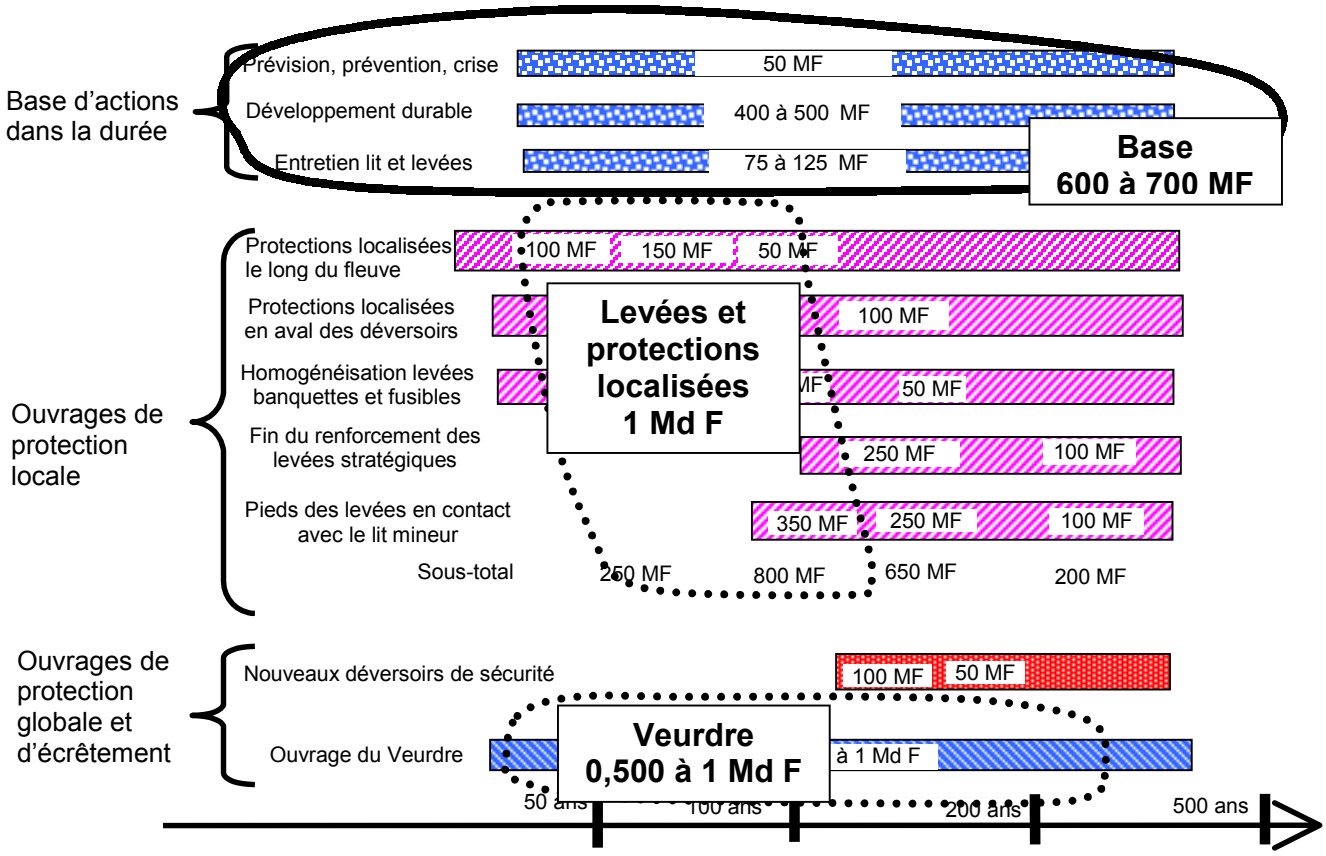
La réalisation du Veurdre se ferait à l'exclusion de toute autre protection proposée et en ne réalisant que le génie civil et les mesures compensatoires de l'ouvrage, avec des mesures d'accompagnement et de maîtrise foncière réduites.

Un montant de **2 milliards de francs** assure, au-delà de la base indispensable de 600 MF, la possibilité de :

- ✓ conduire intégralement un et partiellement un autre parmi les scénarios a), b) ou c) présentés au point ci-dessus ; le niveau de réalisation envisageable dépendra de l'affinement en cours et des concertations locales ; il pourra ne pas répondre à l'ensemble des attentes suscitées.

- ✓ ou conduire un scénario hybride reprenant une part de ces scénarios a), b) ou c), sachant qu'on disposera seulement des deux-tiers du montant nécessaire aux trois scénarios.

- ✓ ou conduire l'ouvrage écrêteur du Veurdre et son programme d'accompagnement, en même temps qu'une démarche similaire à celle décrite pour le montant de 1 milliard (puisque le Veurdre couvre une très large part du milliard supplémentaire disponible), démarche qui demande donc des choix à arbitrer.



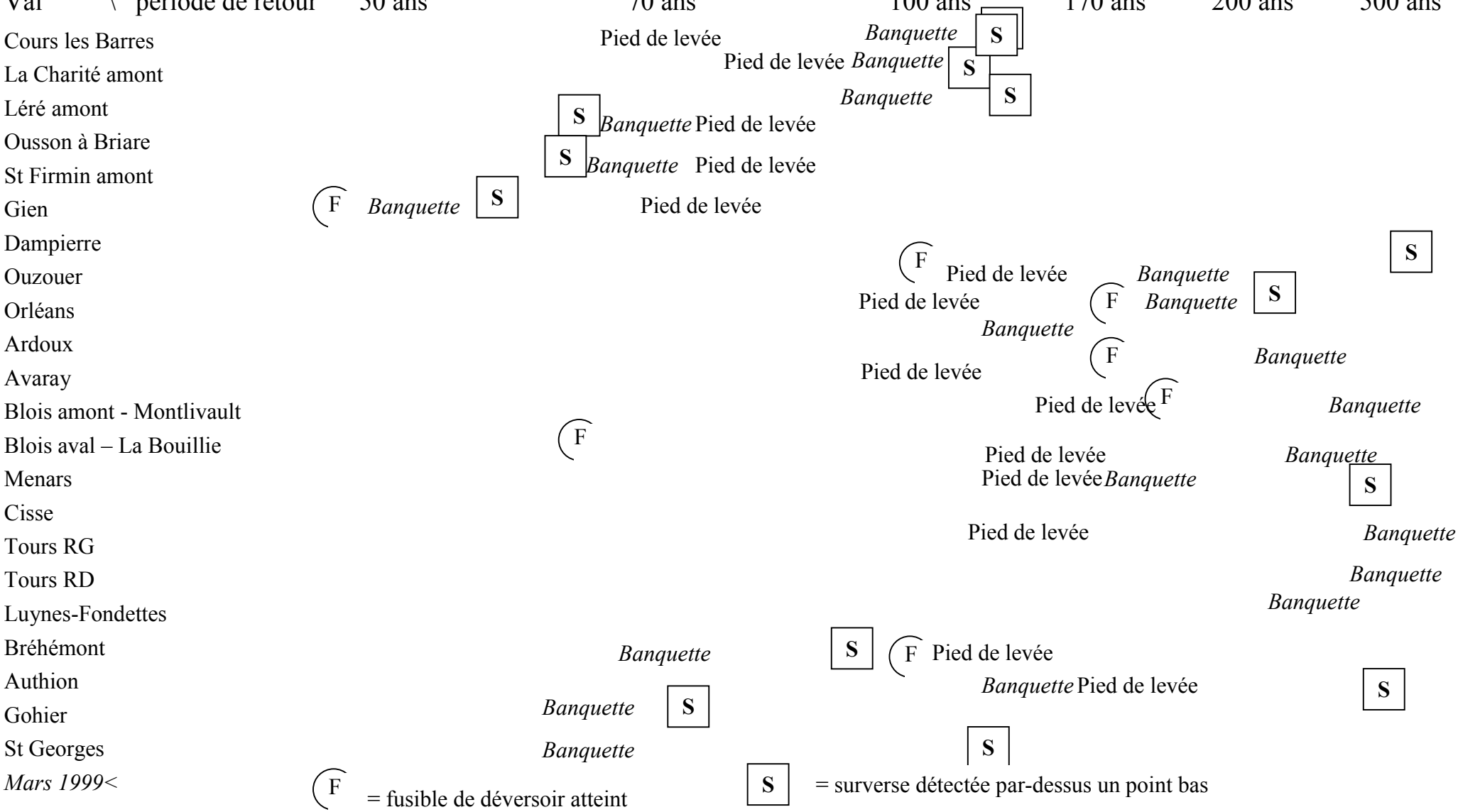
Un montant de **3 milliards de francs** donne la possibilité de conduire l'intégralité d'une stratégie globale qui assure une protection nettement améliorée *pour les crues d'une période de retour égale à celles du siècle dernier sur l'ensemble de la Loire et proche de 200 ans pour les vals d'Orléans, Cisse, Tours et Authion*.

Il correspond à la fourchette basse d'évaluation du montant d'investissement nécessaire pour cette stratégie. Si le montant de la stratégie s'avère finalement plus proche de l'estimation haute, il faudra réduire des participations en établissant une hiérarchie pour retirer certaines opérations.

Un montant de **4 milliards de francs** donne la possibilité de conduire l'intégralité d'une stratégie globale qui assure une protection nettement améliorée *pour les crues d'une période de retour de l'ordre de 200 ans, sur l'ensemble de la Loire moyenne*.

Le Préfet de Bassin
coordonnateur du plan Loire grandeur nature
Hôtel de la Préfecture
181 rue de Bourgogne
45042 Orléans cedex 1

Etablissement Public d'Aménagement
de la Loire et des ses Affluents
EPALA
3, avenue Claude Guillemin – B.P. 6125
45061 Orléans cedex 2

Agence de l'eau
Loire-Bretagne
Avenue de Buffon
B.P. 6339
45063 Orléans cedex 2

Interventions à prévoir dans le cadre de la stratégie en fonction du val concerné et de la période de retour de la crue