

**Chapitre V**

# **Les inondations et les crues**

Bouchelkia Hamid

## I. Les crues

La **crue** correspond une montée **rapide et temporaire** des eaux d'un cours d'eau et par conséquent une **augmentation du débit de ce dernier**

### I,1. Conséquence des crues :

les eaux montent. Parfois - mais ce n'est pas systématique -, le lit ordinaire du fleuve, de la rivière ou même du ruisseau, le « lit mineur », limité par les berges, ne peut plus les contenir. Elles débordent alors et envahissent les zones basses situées de part et d'autre : le « lit majeur\* ». Il y a alors inondation. Même s'il est souvent sec, ce lit majeur fait partie intégrante du cours d'eau. C'est lui qui permet de contenir et de stocker l'excès d'eau, et donc de réduire les risques d'inondation en aval.

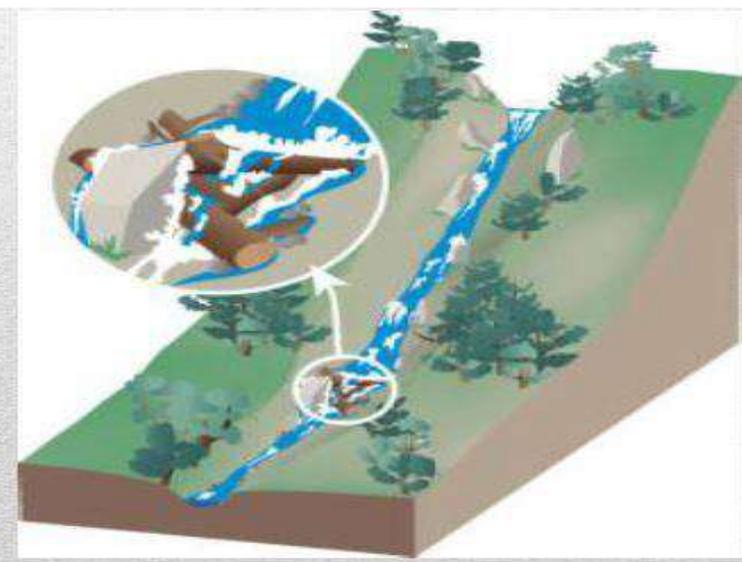
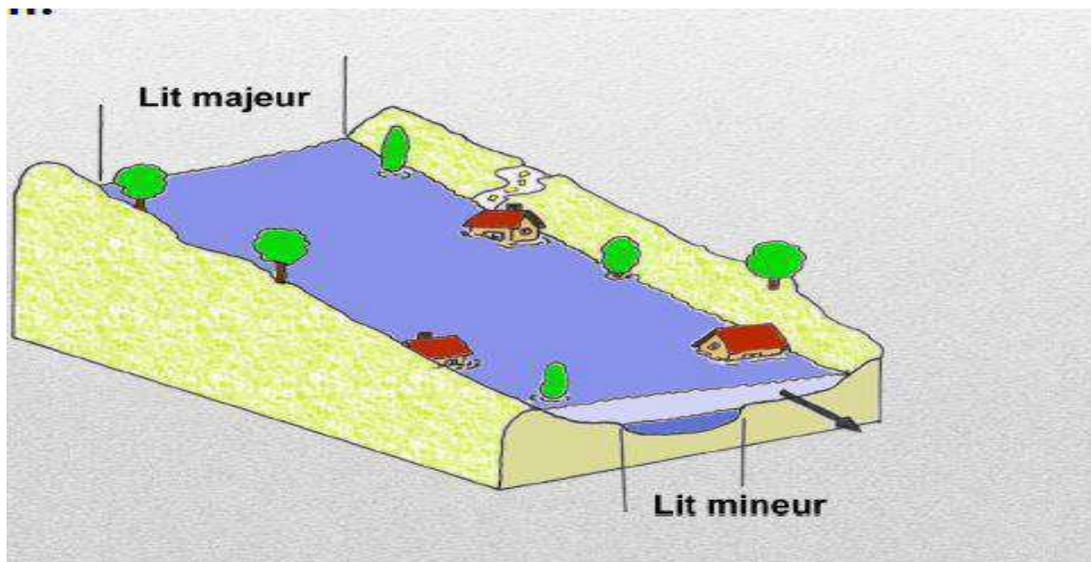
### I.2. Causes des crues

**Parce que d'importants volumes se déversent brutalement dans le cours d'eau**, et cela presque toujours en raison de pluies intenses tombées sur le bassin versant\* situé en amont, de débâcles glaciaires ou de la brusque fonte des neiges.

### I.3. Types de crues

On distingue trois grandes familles de crues:

a- **Les crues « éclair » ou « torrentielles »** résultent de violentes averses orageuses. Typiques des petits bassins versants quelques kilomètres carrés au relief accidenté, elles sont aussi brutales les eaux montent de plusieurs décimètres par heure qu'éphémères quelques heures à quelques jours. Les crues qui affectent la région méditerranéenne et les zones montagneuses sont souvent de ce type. Les précipitations sont telles que les sols, vite gorgés, ne parviennent plus à les absorber. Résultat : l'eau ruisselle et rejoint les cours d'eau qui, gonflés par cet apport exceptionnel, se transforment en torrents impétueux charriant boues, alluvions, pierres, arbres... Bien évidemment, plus le lit du cours d'eau est pentu et étroit, plus l'eau s'écoule rapidement, et plus le risque d'inondations soudaines est grand ! Par exemple, en 1992, à Vaison-la-Romaine, les précipitations - plus de 300 millimètres en trois heures en certains endroits - ont fait passer le débit de l'Ouvèze de 20 à 30 mètres cubes par seconde à plus de 1 000 mètres cubes par seconde !



Apports important d'eau sur une courte période

Embâcle/débâcle

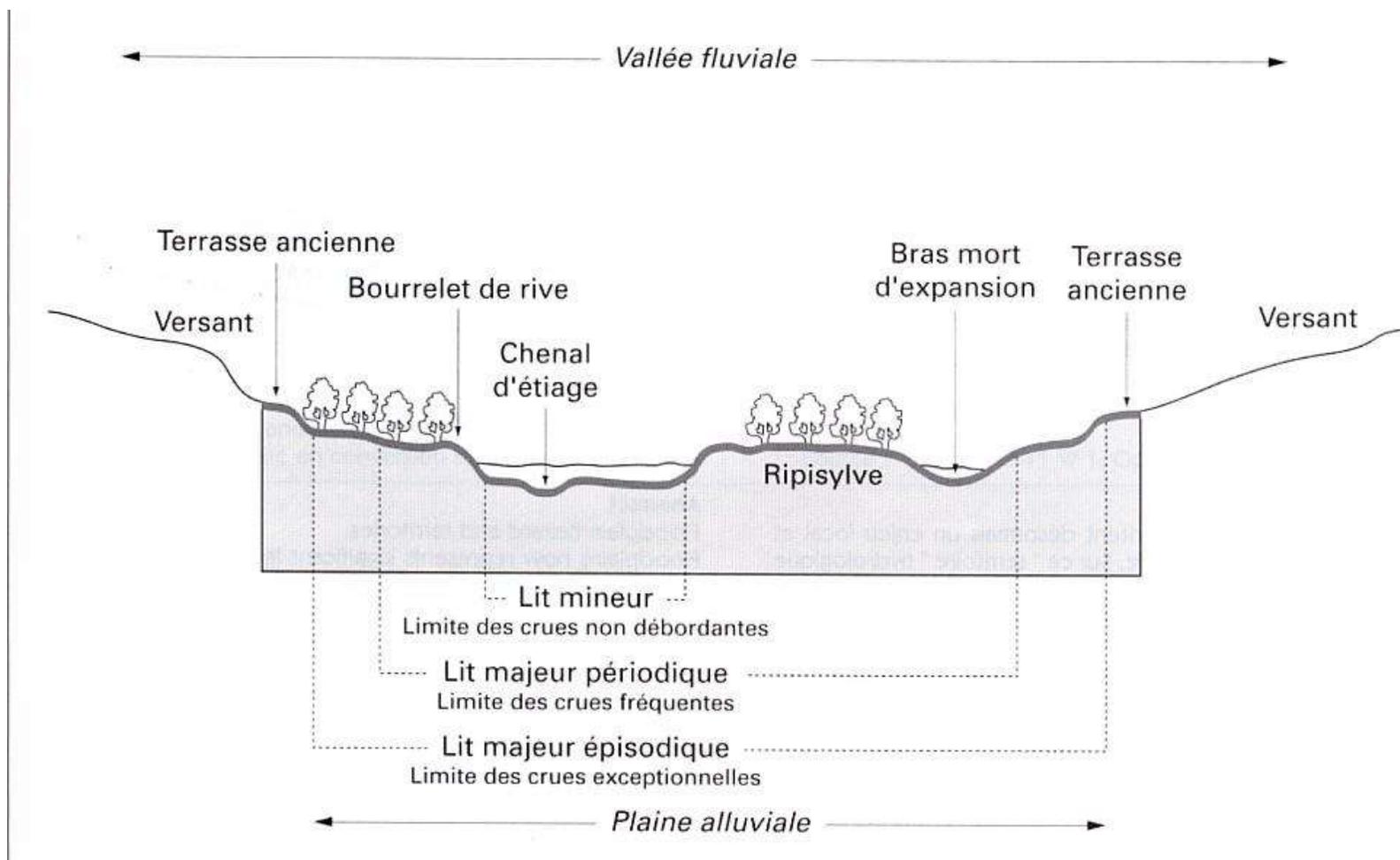
**b- les crues de « plaines »** paraissent bien calmes. Elles suivent une longue période arrosée dépressions océaniques hivernales sous nos latitudes, moussons sous les tropiques, etc.. Plus lentes que les crues éclair typiquement quelques centimètres par heure et plus longues au moins une huitaine de jours, elles affectent des régions bien plus vastes : plusieurs centaines de milliers de kilomètres carrés dans le cas de l'Amazonie.

**c- Crues de « nappe »:** Il arrive en effet que les nappes souterraines débordent. Les crues de nappe s'observent toujours en fin de saison humide, lorsque les réservoirs souterrains sont déjà bien remplis. Elles peuvent persister plusieurs mois.

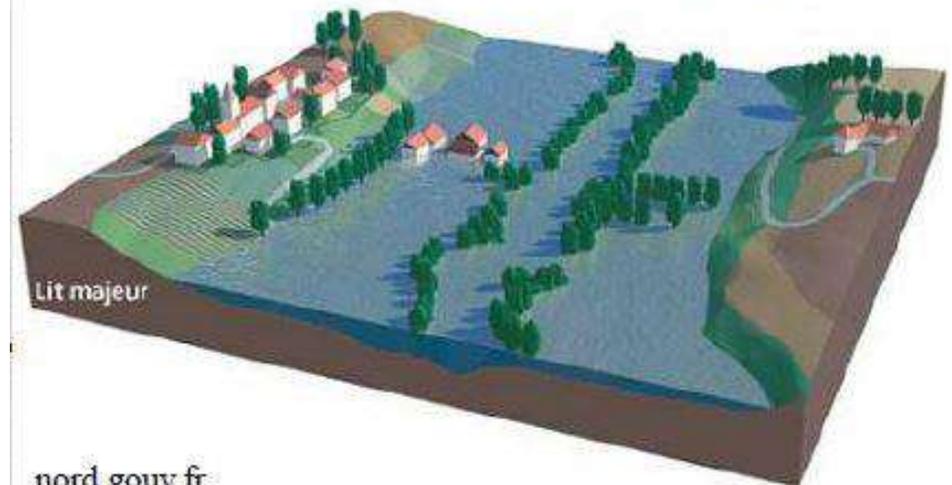
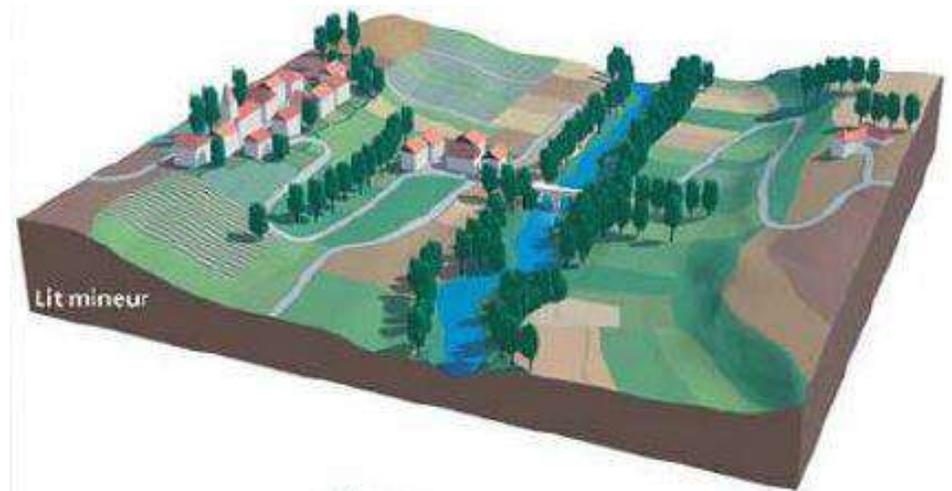
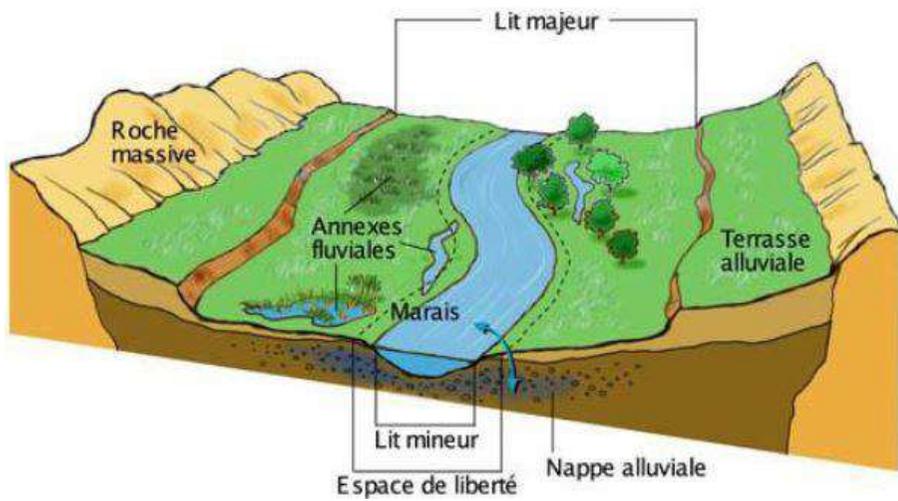
**Remarque:** Un même cours d'eau peut développer les différents types de crues.

## I.4. Le lit mineur :

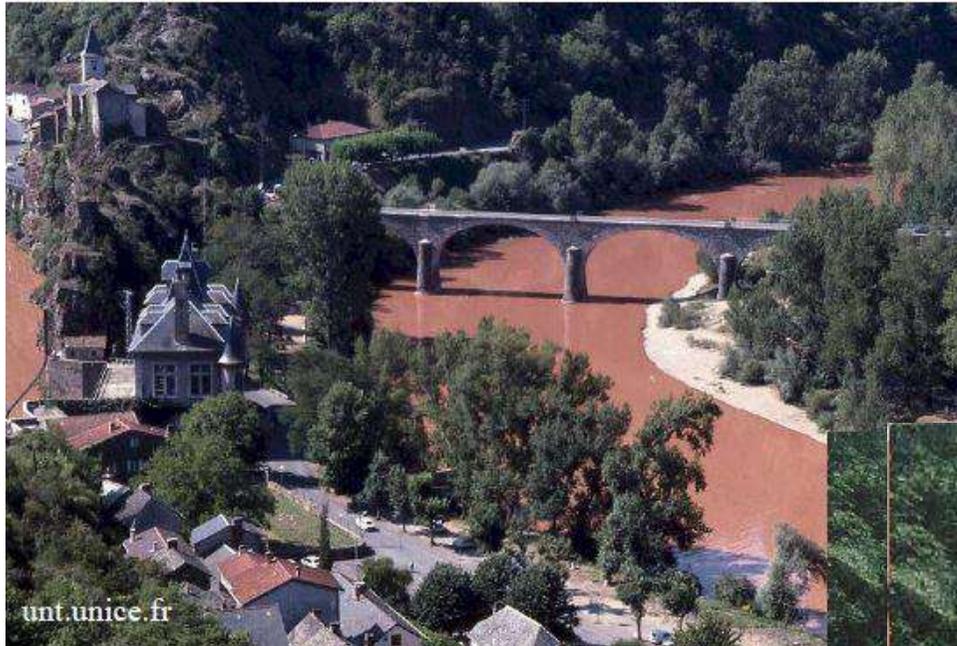
zone d'écoulement habituelle du cours d'eau lorsque son débit est minimum (étiage) ou moyen.



## Résumé :



Les crues favorisent le transport de sédiment par les cours d'eau

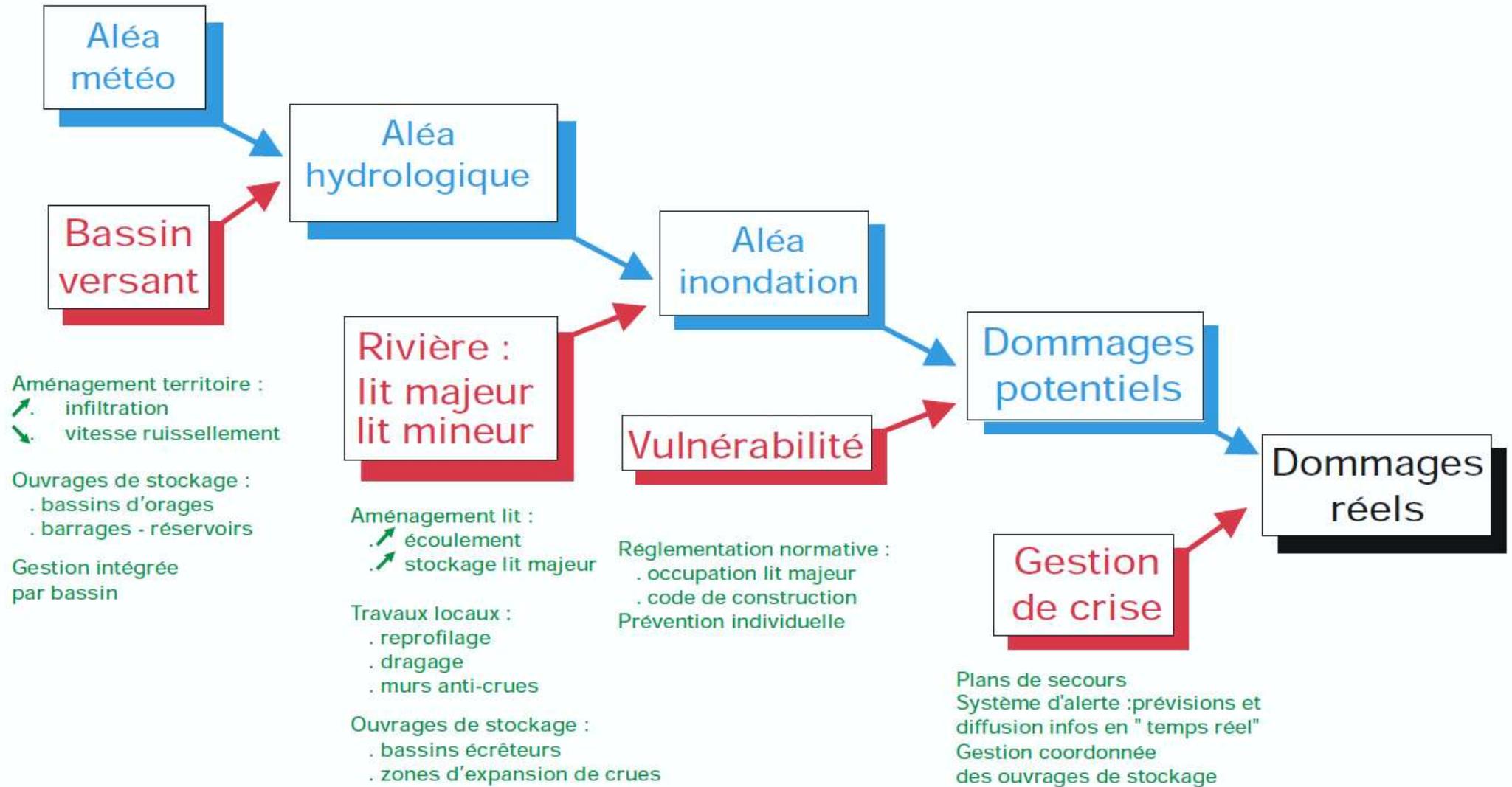


Dépôts de galets

Transport d'éléments fins (argiles)



PRECIPITATIONS → CRUES → INONDATIONS → CATASTROPHES



## II. Les inondations

Une inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. Le risque inondation est la conséquence de deux composantes : l'eau qui peut sortir de son lit habituel d'écoulement (ou apparaître) et l'homme qui s'installe dans la zone inondable pour y implanter toutes sortes de constructions, d'équipements et d'activités.

**Le risque inondation Conséquence de deux composantes :**

- **l'eau peut sortir de son lit habituel d'écoulement**
- l'homme s'installe dans l'espace alluvial pour y implanter constructions, équipements et activités

On distingue plusieurs types d'inondation :

### **Les inondations de plaine**

La rivière sort de son lit mineur lentement et peut inonder la plaine pendant une période relativement longue. La rivière occupe son lit moyen et éventuellement son lit majeur. De nombreux cours d'eau parcourent le département et peuvent être à l'origine de débordements plus ou moins importants.

### **Les inondations par remontée de la nappe phréatique**

Lorsque le sol est saturé d'eau, il arrive que la nappe affleure et qu'une inondation spontanée se produise. Ce phénomène concerne particulièrement les terrains bas ou mal drainés et peut perdurer.

### **Les crues de rivières torrentielles et de torrents**

Lorsque des précipitations intenses tombent sur tout un bassin versant, les eaux ruissellent et se concentrent rapidement dans le cours d'eau, d'où des crues brutales et violentes dans les torrents et les rivières torrentielles. Le lit du cours d'eau est en général rapidement colmaté par le dépôt de sédiments et des bois morts peuvent former des barrages, appelés embâcles. Lorsqu'ils viennent à céder, ils libèrent une énorme vague, qui peut être mortelle.

## Le ruissellement pluvial urbain

L'imperméabilisation du sol par les aménagements (bâtiments, voiries, parkings ...) et par les pratiques culturelles limite l'infiltration des précipitations et accentue le ruissellement. Ceci occasionne souvent la saturation et le refoulement du réseau d'assainissement des eaux pluviales. Il en résulte des écoulements plus ou moins importants et souvent rapides dans les rues.



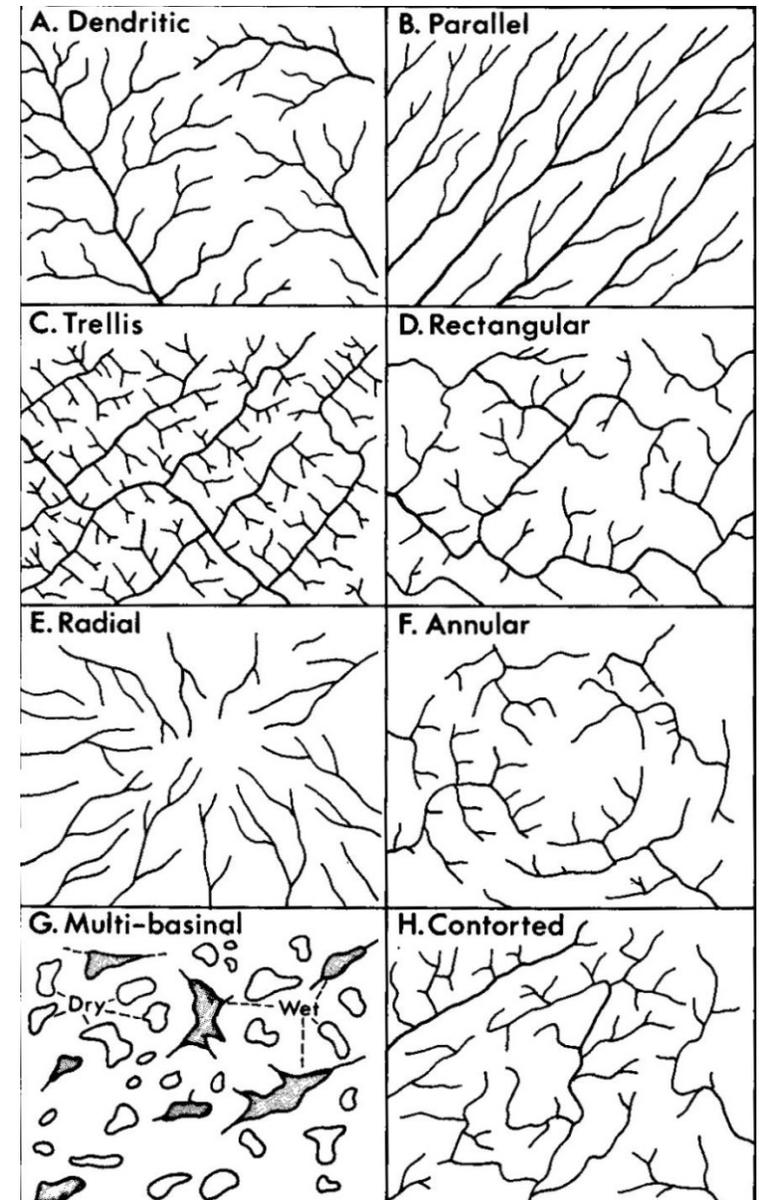
Au sens large, les inondations comprennent également l'inondation par rupture d'ouvrages de protection comme une brèche dans une digue, la submersion marine dans les estuaires résultant de la conjonction de la crue du fleuve, de fortes marées et de situations dépressionnaires.

### III. Origines des crues et inondations

La formation des crues est liée à des **prédispositions permanentes du bassin versant**, aggravées par un **apport d'eau exceptionnellement abondant**.

#### 1. Le bassin versant (BV)

## Organisation des écoulements: le réseau hydrographique



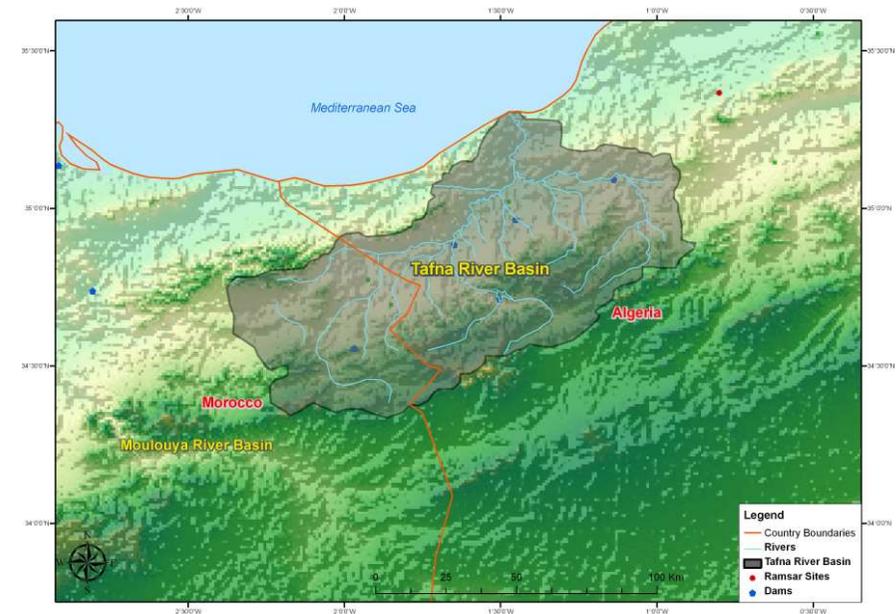
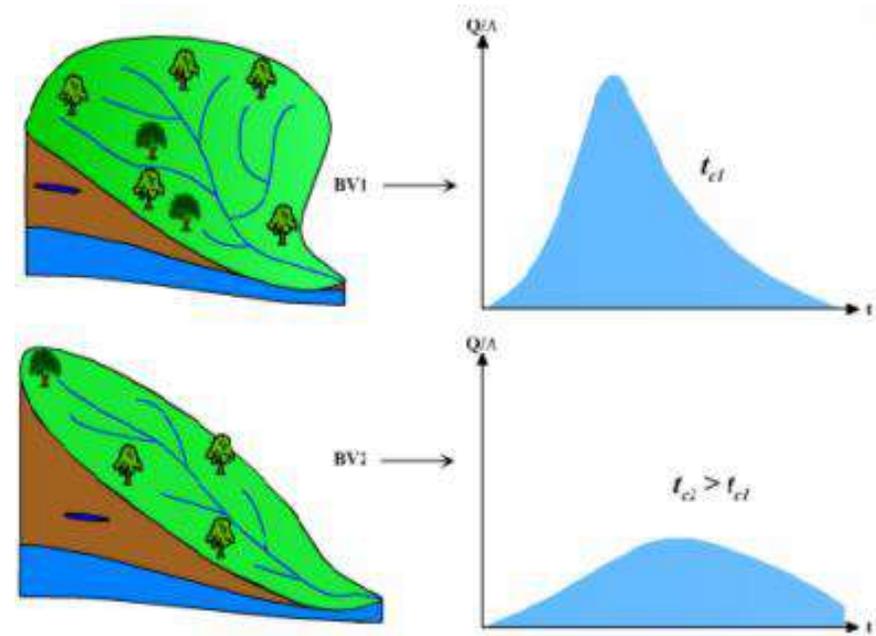
# La morphologie du bassin versant:

-la forme

-la superficie

-l'altitude

-la pente



## Le sol et le sous-sol :

**Sol:** formation naturelle de *surface* à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche-mère sous-jacente sous l'influence de divers processus physiques, chimiques et biologiques

**Sous-sol:** formations géologiques situées sous le sol



## Le couvert végétal :

favorise l'infiltration, prélève de l'eau et retient le sol

## Les pratiques agronomiques :

### rôle important:

- Conservation des haies
- Orientation des labours
- Tassement du sol lié à la mécanisation trop importante
- ...

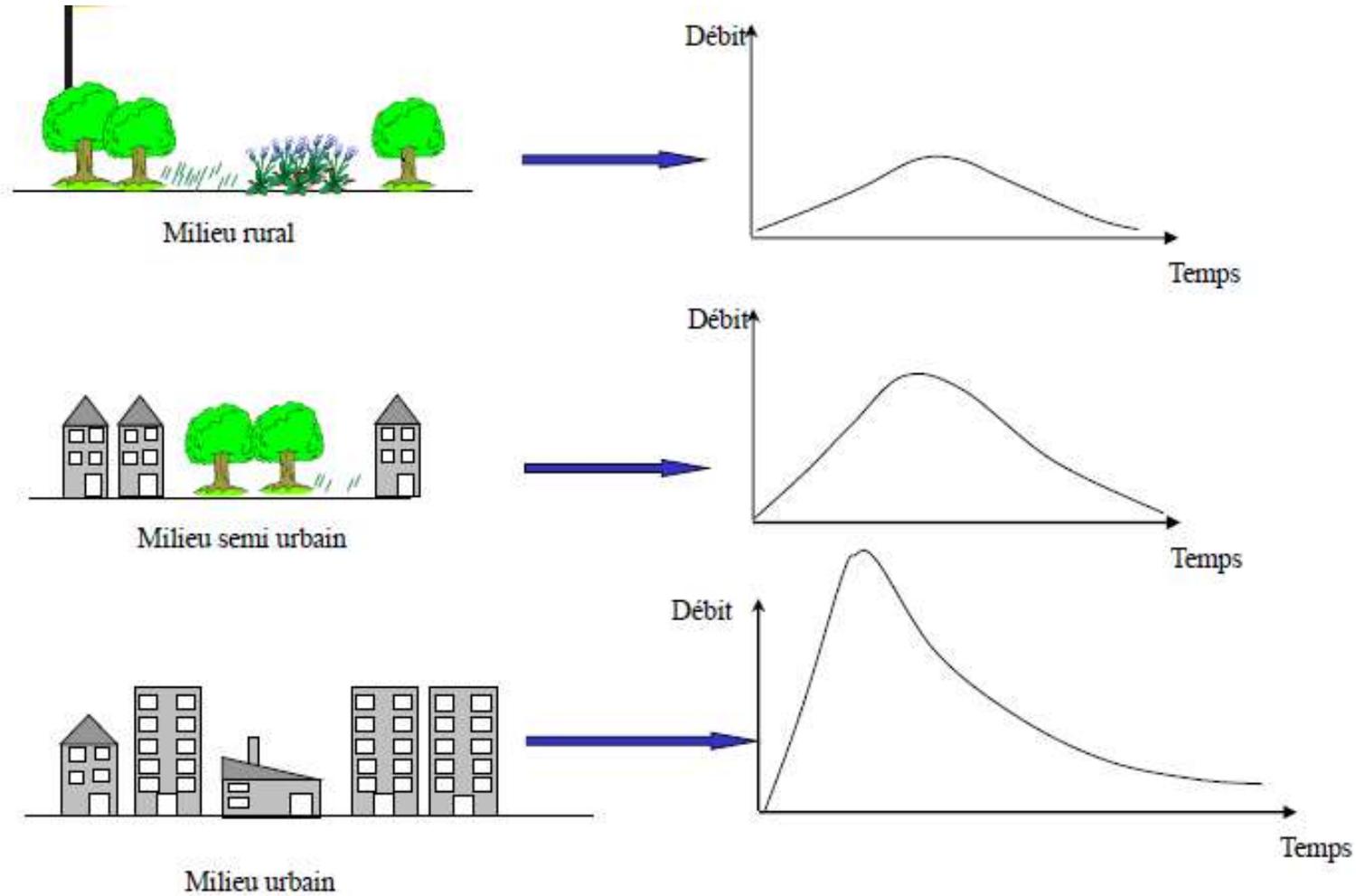


## L'urbanisation :

**l'asphaltisation et l'extension des surfaces bâties imperméabilisent les sols et amplifient le ruissellement.**



# L'effet de l'urbanisation sur le ruissellement superficiel Débit

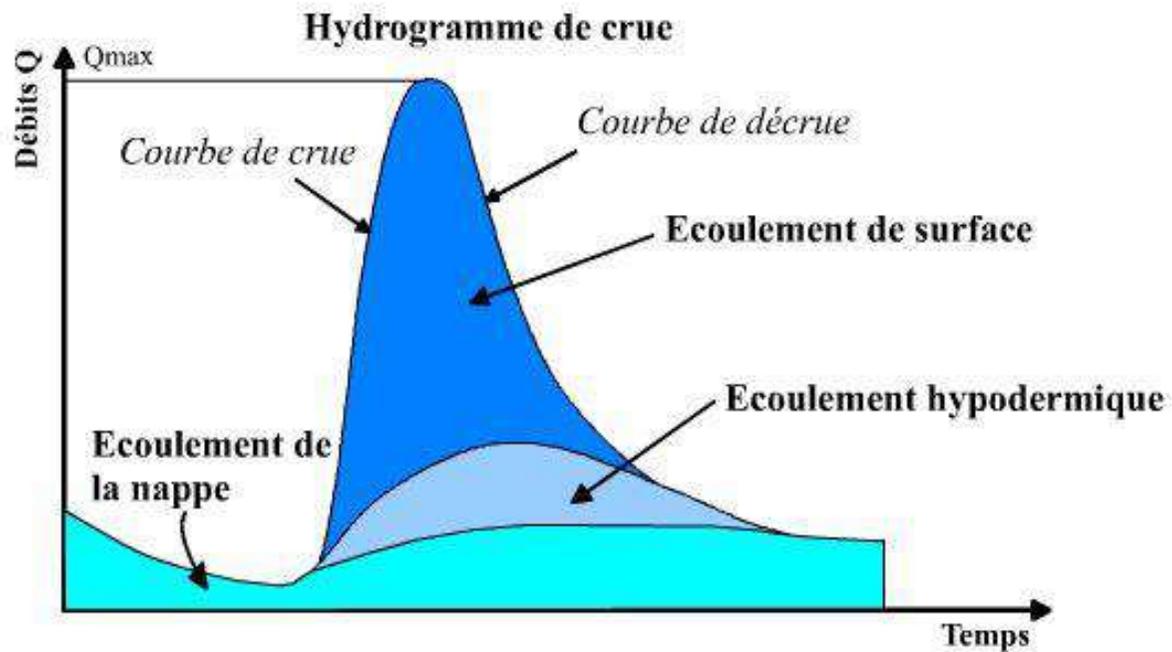
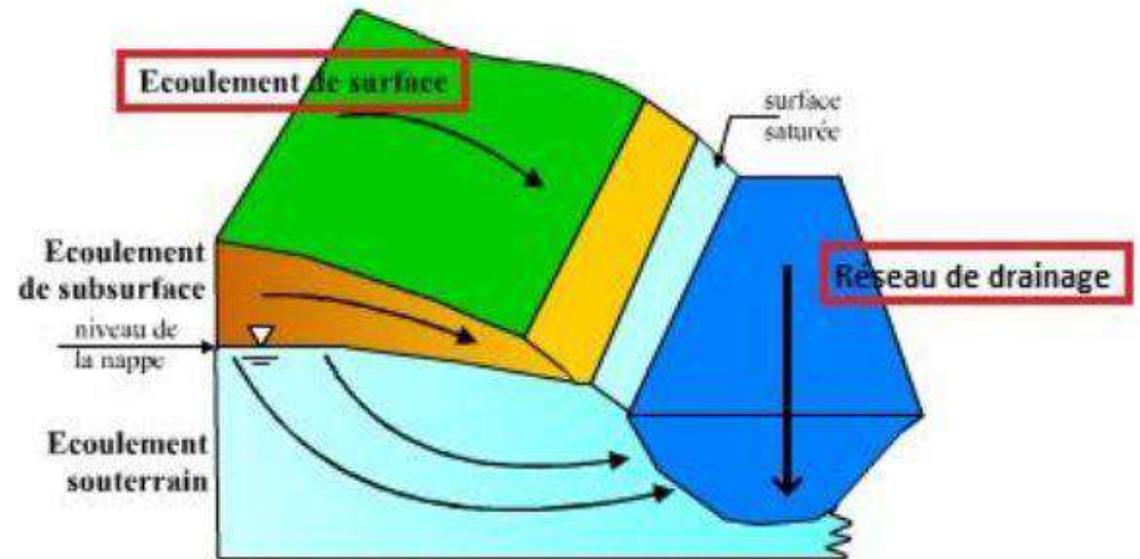


## 2. L'apport d'eau par précipitation

Une averse tombant sur un BV à une réponse :

-**Rapide** : lié aux écoulements de surface ou de subsurface

-**Lente** : lié aux écoulements souterrains



**Régimes hydrologiques** : variations de l'état et des caractéristiques d'une formation aquatique, qui se répètent régulièrement dans le temps et dans l'espace et passent par des variations cycliques, par exemple, saisonnières

### 3. Les embâcles/débâcles de barrage de glace



Embâcle sur le fleuve Saint Jean (Canada)

Débâcle

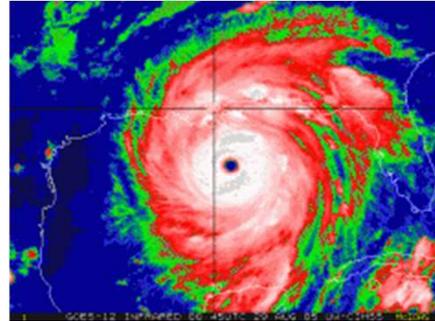
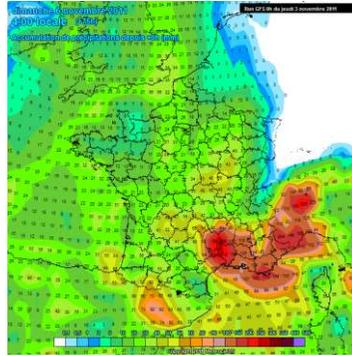
### 4. Les fontes de neiges

- réchauffement => fonte rapide de la neige
- pluie importante



## 5. Les précipitations anormalement intenses :

- cyclones
- tempêtes
- orages
- mousson
- ouragan



## 6. Les précipitations anormalement longues durée (plusieurs jours):

- stagnation d'un front
- passage successif rapproché de dépressions

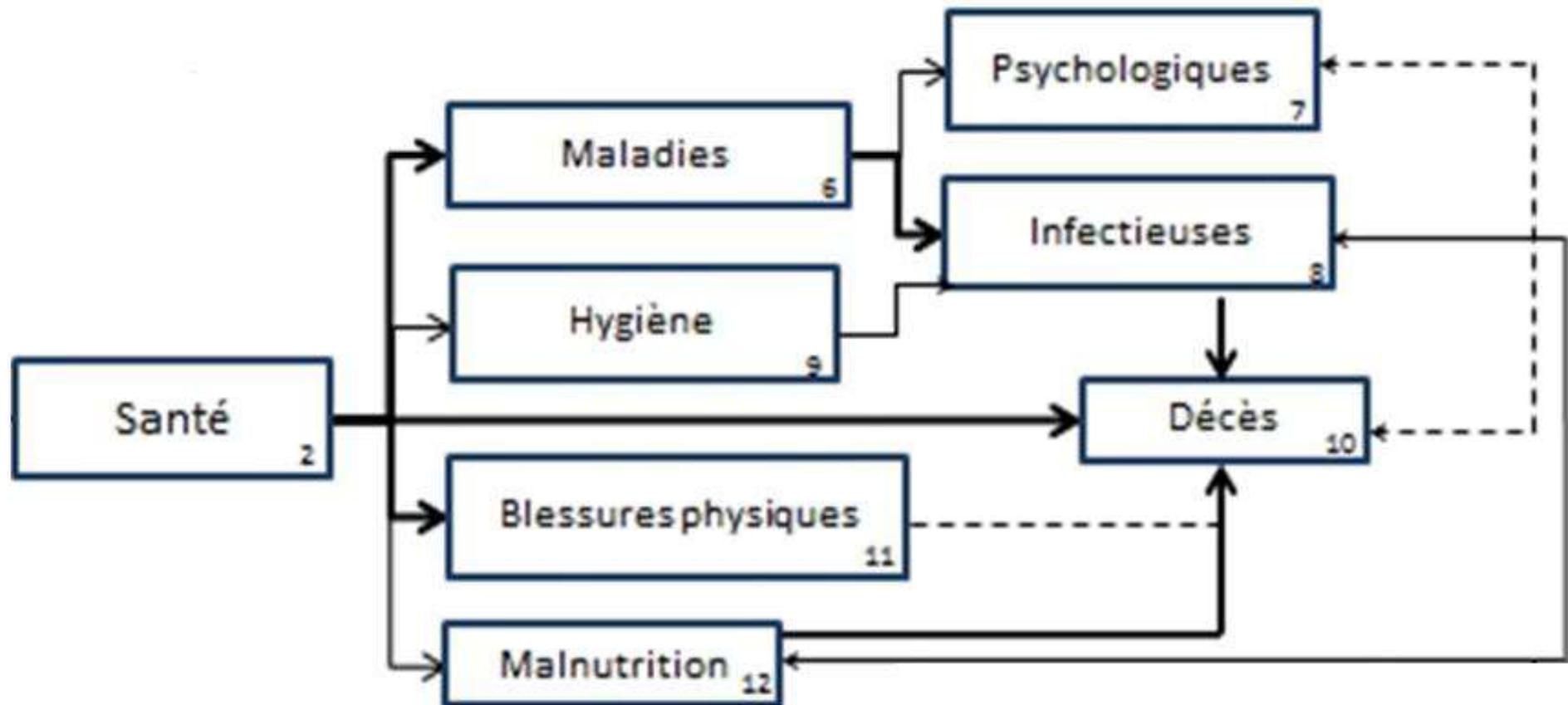
## Les causes des inondations

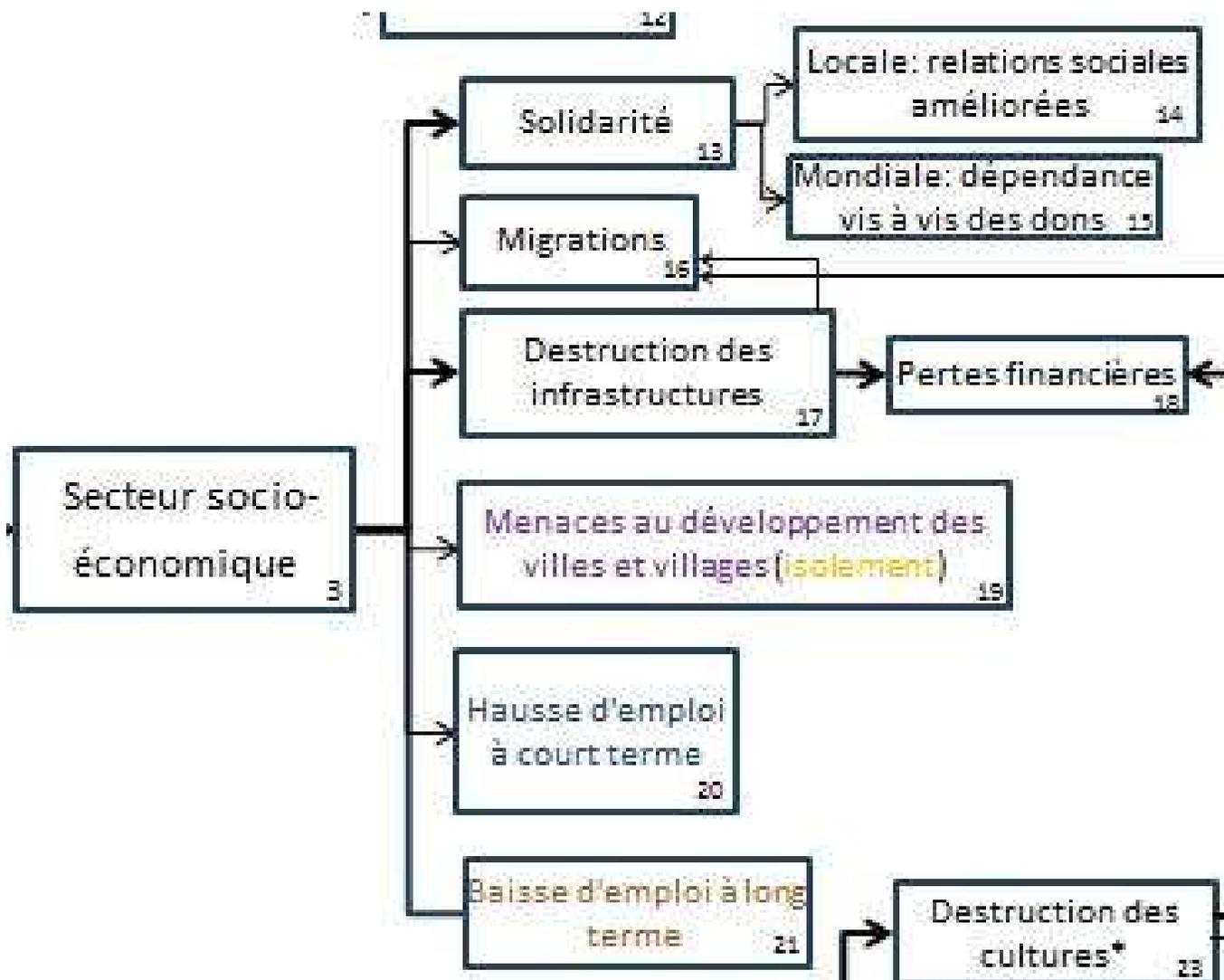
- \* Le débordement direct d'un cours d'eau dans son lit majeur, suite à des épisodes de fortes précipitations ou à la fonte des neiges hivernales (ce sont les crues).
- \* Le débordement indirect d'une réserve d'eau (de surface ou souterraine) suite à la remontée des nappes phréatiques ou bien d'eaux à travers les canalisations.
- \* L'accumulation des eaux de ruissellement suite à des précipitations abondantes. Il se peut en effet que les capacités de drainage et d'infiltration d'une zone soit insuffisante pour évacuer les eaux reçues, qui s'accumulent alors. Ce phénomène est accru lorsqu'il y a eu une imperméabilisation des sols (urbanisation) sans création d'un réseau d'évacuation suffisant..
- \* La rupture d'un ouvrage de génie civil, comme un barrage ou une digue. Un défaut de conception, un manque d'entretien ou tout simplement un volume d'eau trop important peuvent créer une brèche puis une rupture d'un ouvrage de protection. Les conséquences sont en général catastrophiques car le flux d'eau est soudain et très puissant

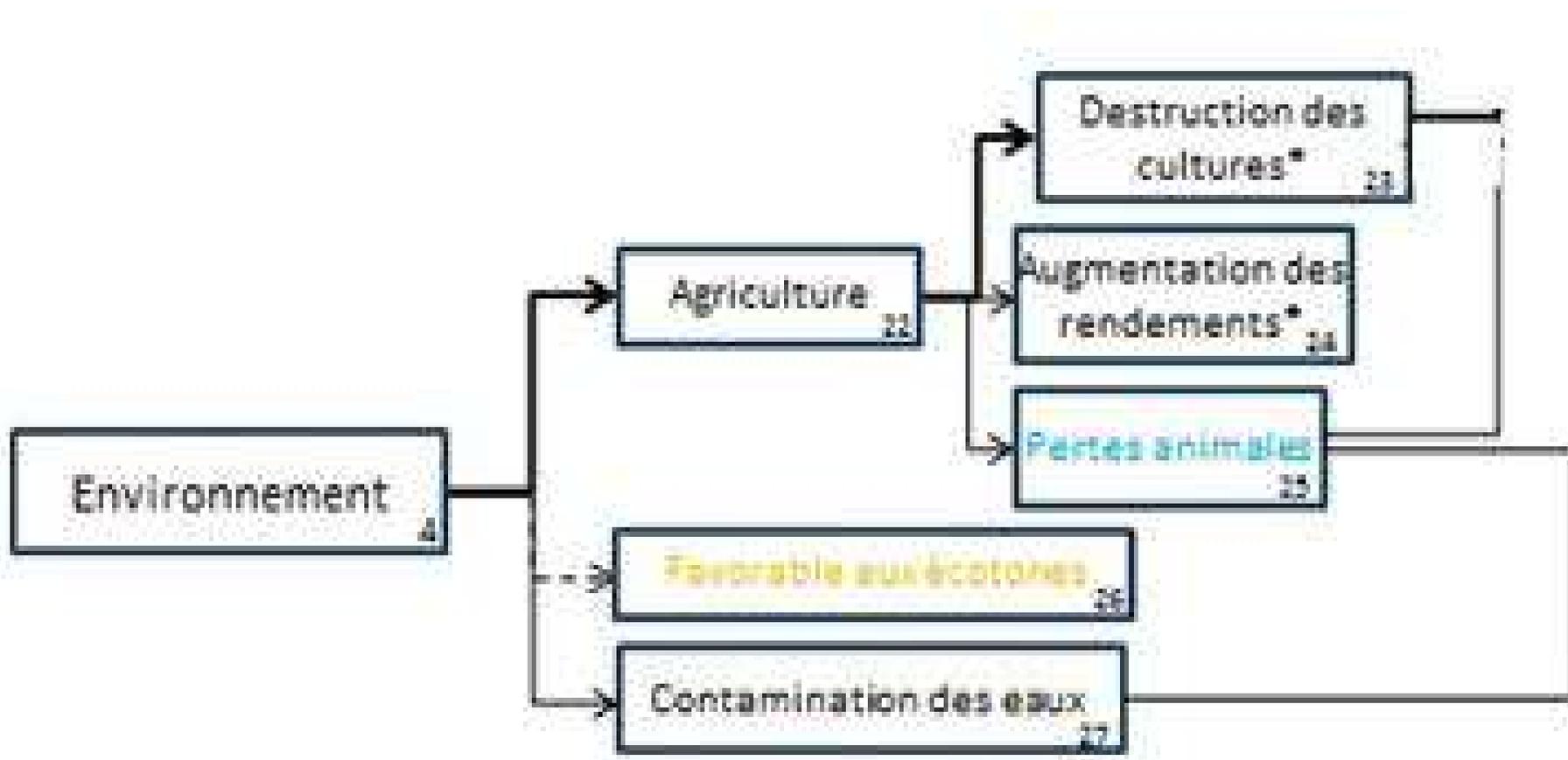


Rupture d'une digue à Novato (Californie) en 2005. © jessicafm CC by 2.0

## Conséquences des crues et inondations







**Inondation au Pendjab  
et au Cachemire  
Septembre 2014  
480 victimes**



**Crue de l'Indus (Pakistan)  
Juillet / août 2010  
+ de 1800 victimes**



Bab el Oued 2001



Ghardaia 2008



El Bayadh 2011

## Prévention des crues et inondations

**Risque prévisible** dans son intensité, mais il est difficile de connaître le moment où il se manifestera La prévention des risques et la protection des populations nécessitent que soient prises des **mesures collectives** et des **mesures individuelles**.

**La maîtrise de l'urbanisation** s'exprime au travers des plans de prévention des risques naturels (**PPR**) qui :

- **interdit la construction** dans les zones les plus exposées ou qui présentent un intérêt pour le laminage des crues
- **réglemente la construction** dans les zones modérément inondables, en fixant par exemple une cote de plancher à respecter au-dessus du niveau de la crue de projet (cote de mise hors d'eau).

# La protection collective :

- aménagement du cours d'eau
- aménagement du BV



## Moyens de protection

De nombreux travaux et mesures de protection contre les inondations sont en communs à tous les types de cours d'eau.

Au milieu du 19<sup>e</sup> siècle, les observations des dégâts causés par les torrents ont amené des experts à avancer que les crues et les inondations avaient pour cause le déboisement des montagnes. Ce rôle de la forêt sur les bassins versants a été, par la suite, confirmé par des études expérimentales.

### La correction torrentielle

Les torrents étant capables en période de crue de modifier leur lit, le calcul du dimensionnement des ouvrages de protection s'avère assez difficile. De plus, l'estimation du débit de transport solide est aussi important que celle du débit liquide. L'objectif est donc de stabiliser le bassin versant torrentiel en limitant le volume de transport solide.

On peut distinguer deux types de correction :

*les mesures actives* : elles comprennent l'ensemble des dispositions visant à réduire le transport solide en agissant sur les foyers d'érosion. Elles s'appliquent dans le bassin de réception et dans le chenal d'écoulement. Elles ont principalement recours à la restauration de la végétation. Elles sont illustrées par les exemples suivants :

1. la revégétalisation sur petites banquettes : le principe est de construire, en courbe de niveau, des banquettes de terre grillagées, plantées d'especes herbacées ou arbustives.

2. les ouvrages de correction de ravines : ces ouvrages sont mis en place pour réduire les ravinements et les arrachements hors des lits torrentiels. Ce sont des seuils, pouvant être végétalisés par des especes résistantes au ravinement, faisant obstacle à tous les matériaux transportés par les filets d'eau.



Chenal à biefs affouillables. Loudenvielle.

Petite correction torrentielle. Mérens.

■ *les mesures passives* : elles sont utilisées lorsque les mesures actives sont inopérantes ou insuffisantes. Ces mesures tendent à fixer le profil en long de l'écoulement torrentiel, à stabiliser les berges et à contenir les matériaux apportés par le torrent :

■ **les seuils ou petits barrages de stabilisation** :

ils sont destinés à stabiliser le profil en long du torrent. En effet, le torrent tend à creuser dans les pentes fortes et à alluvionner dans les pentes faibles. Il érode donc la partie amont de son bassin versant en provoquant le recul progressif de la crête. La construction d'une série de seuils consiste à transformer le profil en long naturel du torrent en une série de marche d'escalier faiblement inclinées. Ces seuils brisent l'énergie du torrent et provoquent le dépôt de matériaux à l'amont de chaque petit barrage. Ils participent également à la stabilisation de la berge. L'utilisation de ce type de correction est courante depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. L'affouillement à l'aval est la cause la plus fréquente de ruine de ces aménagements.



Barrages de correction torrentielle. Les Barguères.

■ **la plage de dépôts** : elle a pour rôle de ralentir un écoulement chargé afin de provoquer le dépôt des matériaux transportés. Elle doit être implantée dans un secteur où la pente du chenal d'écoulement s'adoucit et en amont des zones vulnérables, généralement en tête des cônes de déjection. Ce dispositif consiste en un élargissement artificiel du lit destiné à créer une aire de stockage susceptible de recevoir des laves torrentielles provoquées par des ravinements exceptionnels ou des glissements de berges.



Plage de dépôt, Ax-les-Thermes

Des digues terrassées et un barrage filtrant terminal ferment souvent la plage de dépôt. Cette correction s'applique aux torrents à fort transport solide. Il est impératif de curer régulièrement la plage pour qu'elle garde une efficacité permanente.

- **le barrage de rétention** : ce dispositif a le même rôle et le même principe que la plage de dépôts. Il est conçu de telle sorte que le débit liquide, hors des périodes de crues, assure un autocurage de la zone dépôts.
- **les digues de protection** : elles sont essentiellement édifiées pour protéger les berges de l'affouillement.

## I. Ouvrages de prévention contre les inondations

Les ouvrages de prévention permettent de **réduire les apports en crue en stockant temporairement les eaux et en les restituant progressivement** après la pointe de crue.

- a. **Les bassins de rétention et les barrages** fonctionnent selon le même principe qui consiste à barrer le lit majeur d'un cours d'eau. Le stockage du volume de crue excédentaire se fera derrière cette barrière qui prendra la forme pour un bassin de rétention d'une digue en terre le plus souvent et d'ouvrages en béton armé pour les barrages.
- b. **Les ouvrages de compensation** fonctionnent selon le même principe de stockage temporaire. Leur vocation est toutefois différente. Ils viennent en effet compenser les débits supplémentaires, résultat de l'augmentation de capacité hydraulique réalisée sur les chenaux amont ou de l'augmentation de l'imperméabilisation.



[Bassins de rétention](#)

*Le barrage de Venette (60). Photo : CAUE de l'Oise.*

## II. Ouvrages de protection contre les inondations

Ce sont des ouvrages qui permettent de **réduire les débordements** à proximité des enjeux (humains, économiques, etc.).

On peut distinguer deux types d'ouvrages :

**Les digues** : ouvrages linéaires implantées dans le lit majeur des cours d'eau parallèlement aux berges et qui vont permettre de contenir les débordements.

**Le recalibrage** : opération dans le lit mineur du cours d'eau qui va permettre d'augmenter la capacité d'évacuation soit en augmentant la section de passage soit en réduisant la rugosité du lit et du fond.

## III. Ouvrages de ressuyage des terres inondées

Les ouvrages de ressuyage interviennent **après la crue afin d'accélérer le retour à la normale** dans les zones qui ont été inondées. Les dispositifs sont en général constitués de réseau de fossés et de stations de pompage.



**Digue en remblais sur la Loire moyenne. Photo : P. Mériaux**  
**Source : Cemagref.**

**recalibrage**



*Les pâtures et les marais font d'excellentes zones  
d'expansion de crues.*  
*Photo : SAGE Sarthe amont.*