

Université Badji Mokhtar –Annaba
Faculté des Sciences de l'ingénierat
Département d'Hydraulique

Aménagements Hydrauliques

Crues et inondations

Dr. BOUTAGHANE Hamouda
E-Mail du cours : gestioncrue@gmail.com

Crues

crue = augmentation brutale du débit dans un cours d'eau (ou dans un réseau).



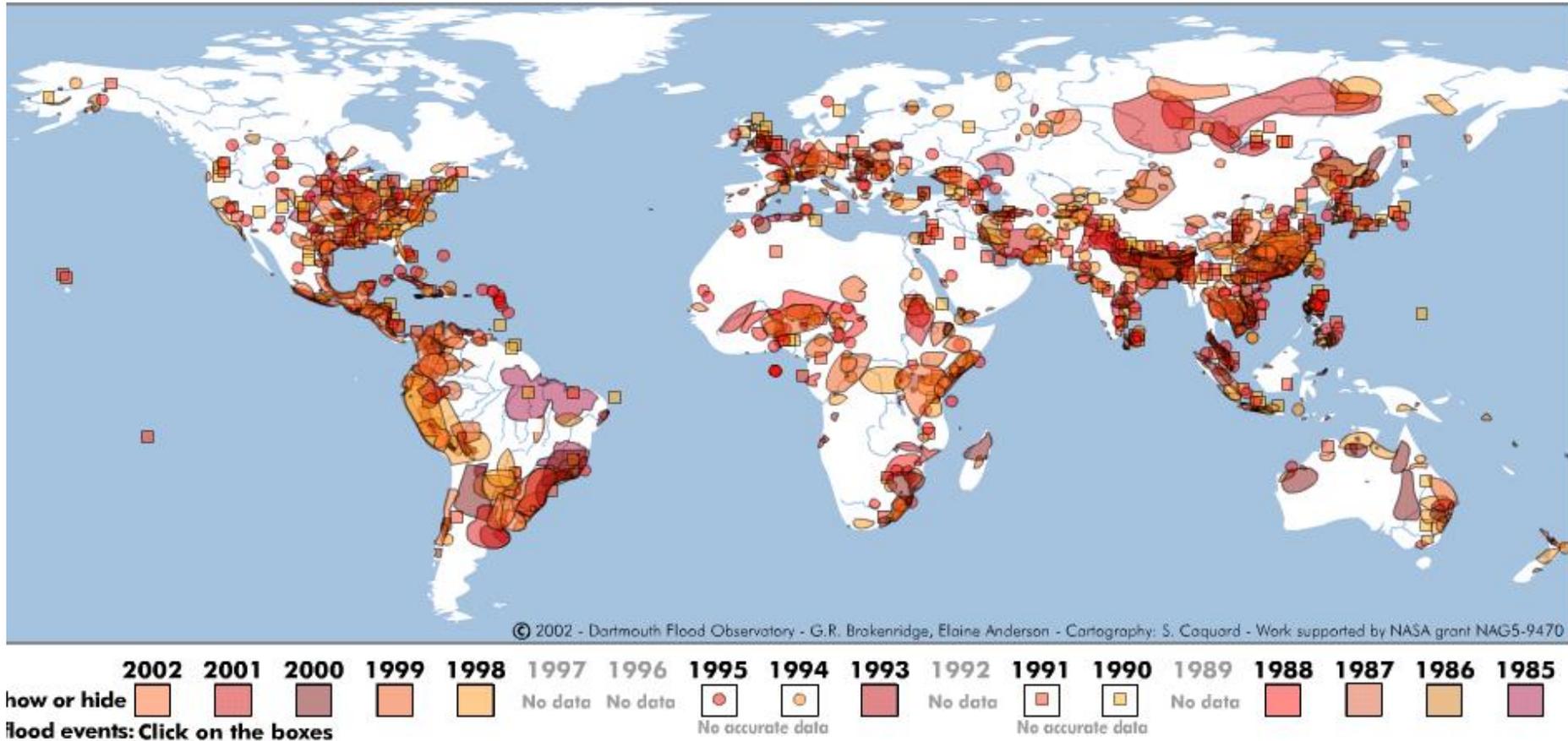
Et inondations

inondation = conséquence du débordement d'un système hydrographique (rivière, réseau, nappe souterraine, tsunami, rupture de barrage, ...)



Problématique des Inondations

1. DANS LE MONDE

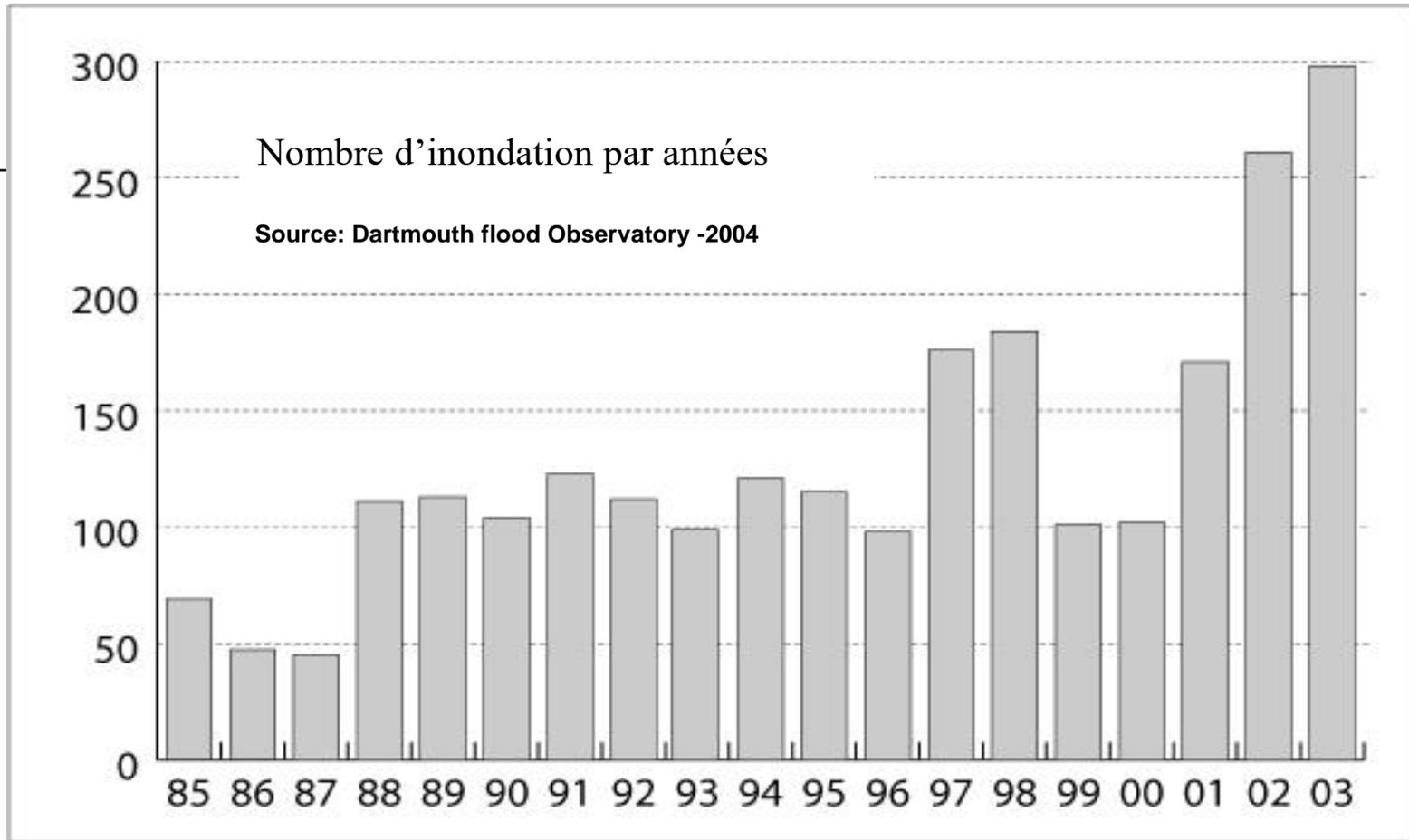


Cartographie des inondations dans le monde de 1985 à 2002

Source Dartmouth flood Observatory -2004

L'inondation est l'aléa naturel le plus répandu dans le monde

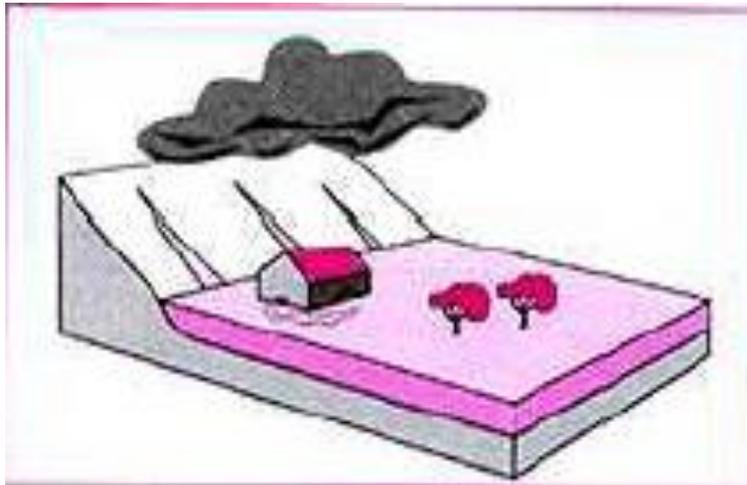
- Le nombre de victimes a augmenté de 6% par ans au cours des 30 dernières années et les pertes économiques ont triplé .
- Plus de 339 millions de personnes ont été victimes entre 1900 et 2005 selon l'ONU



Augmentation de la fréquence des inondations dans le monde Selon l'observatoire des inondations de Dartmouth (USA)

LES TYPE D'INONDATIONS

❖ Stagnation d'eaux pluviales



LES TYPE D'INONDATIONS

❖ **Débordement direct**

occupation du lit majeur / plaine d'inondation



LES TYPE D'INONDATIONS

- ❖ **Débordement indirect**
réapparition brutale de l'eau en surface



Ruissellement en secteur urbain

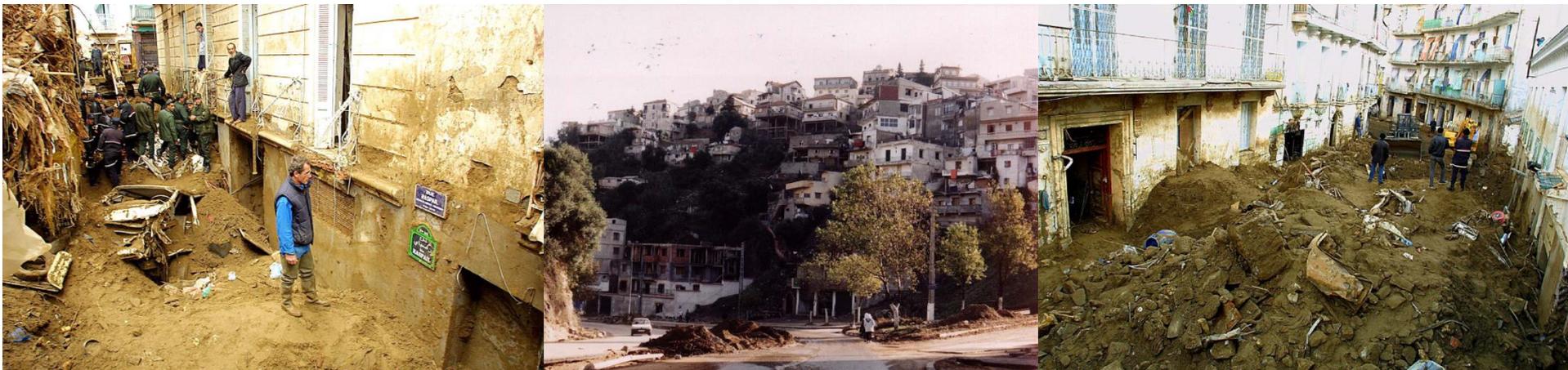
*** Orages intenses**

*** Configurations particulières :**

- Versants à forte pente et/ou très imperméabilisés,
- Petits cours d'eau très artificialisés,
- Réseau d'assainissement sous dimensionné et/ou topographie plane ou en cuvette.

Crues torrentielles

- ✓ Zone montagneuses
- ✓ pluies abondantes et brutales
- ✓ Augmentation rapide du débit
- ✓ Transport solide avec risque de lave torrentiel



Bab El Oued- Alger (2001)

Inondation par remonté de la Nappe Phréatique



PARAMÈTRES D'UNE INONDATION

- débit
- vitesse d'écoulement
- hauteur de submersion
- durée de submersion
- La fréquence et la période de retour
- Le volume des matière transportée

FACTEURS AGRAVANTS

- **Défaillance des dispositifs de protection :digues, déversoirs...**

FACTEURS AGRAVANTS

- Défaillance des dispositifs de protection :digues, déversoirs...
- **Phénomènes d'embâcles et de débâcles:**
amoncellements de matériels (arbres déracinés, voitures emportées, glace...)

FACTEURS AGRAVANTS

- Défaillance des dispositifs de protection :digues, déversoirs...
- Phénomènes d'embâcles et de débâcles:
amoncellements de matériels (arbres déracinés, voitures emportées, glace...)
- **La surélévation de l'eau en amont des obstacles:**
pont, remblai, mur, provoque une surélévation de l'eau en amont et sur les côtés

FACTEURS AGRAVANTS

- Défaillance des dispositifs de protection :digues, déversoirs...
- Phénomènes d'embâcles et de débâcles:
amoncellements de matériels (arbres déracinés, voitures emportées, glace...)
- La surélévation de l'eau en amont des obstacles:
pont, remblai, mur, provoque une surélévation de l'eau en amont et sur les côtés
- **Le transport et dépôt de produits indésirables:**
produits polluants, des matières toxiques ou des germes pathogènes.

Méthodes de réduction des impacts des inondations

Mesures Structurelles

Projection d'ouvrages.

Mesures non Structurelles

Aménagements et réglementations.

Description des mesures structurelles (1)

- Diminution de la pointe maximale de la crue par des réservoirs;
- Confinement de l'écoulement à l'intérieur de canaux préétablis par l'usage de digues, de murs ou de conduites fermées;
- Réduction de l'élévation maximale du plan d'eau par l'augmentation des vitesses d'écoulement, suite à la modification du lit du cours d'eau;
- Dérivation des eaux dans un canal, lequel peut retourner les eaux au même cours d'eau plus en aval, ou les détourner vers un autre bassin versant;

Description des mesures structurelles (2)

- Protection individuelle des propriétés contre les inondations;
- Réduction du ruissellement par la gestion des terres et du territoire;
- Evacuation temporairement des zones menacées d'inondation par des alertes;
- Gestion des plaines inondables.

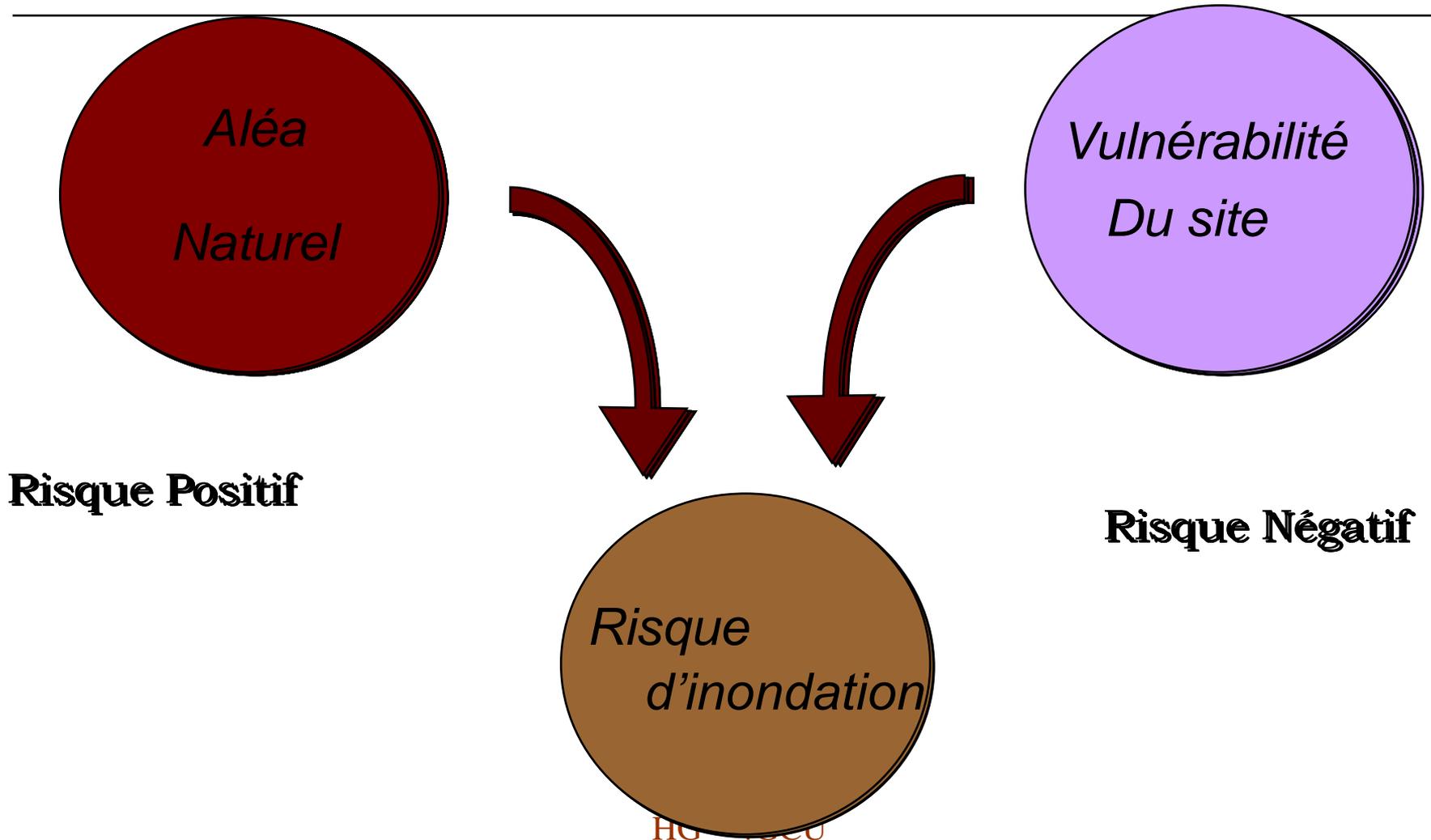
Quelle protection contre l'inondation

- **Le risque zéro n'existe pas;**
- **On ne lutte pas contre les inondations sans inonder**

a/ La connaissance des composantes du risque d'inondation

La notion du risque est une notion complexe faisant intervenir un phénomène naturelle Aléa et une part humaine traduisant l'usage de la société des territoires; la Vulnérabilité

Composante du Risque d'inondation

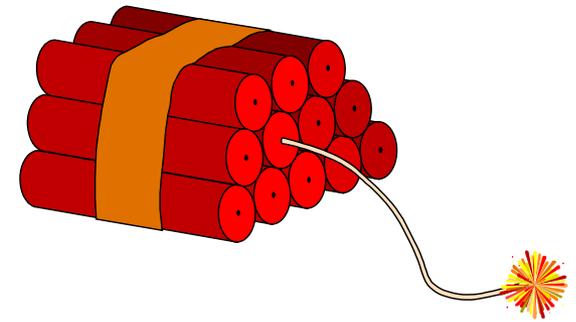


Mesure de la gravité d'une inondation

Aléa et vulnérabilité

Caractérisation de l'aléa:

hauteur / vitesse / durée
temps d'alerte



Caractérisation de la vulnérabilité

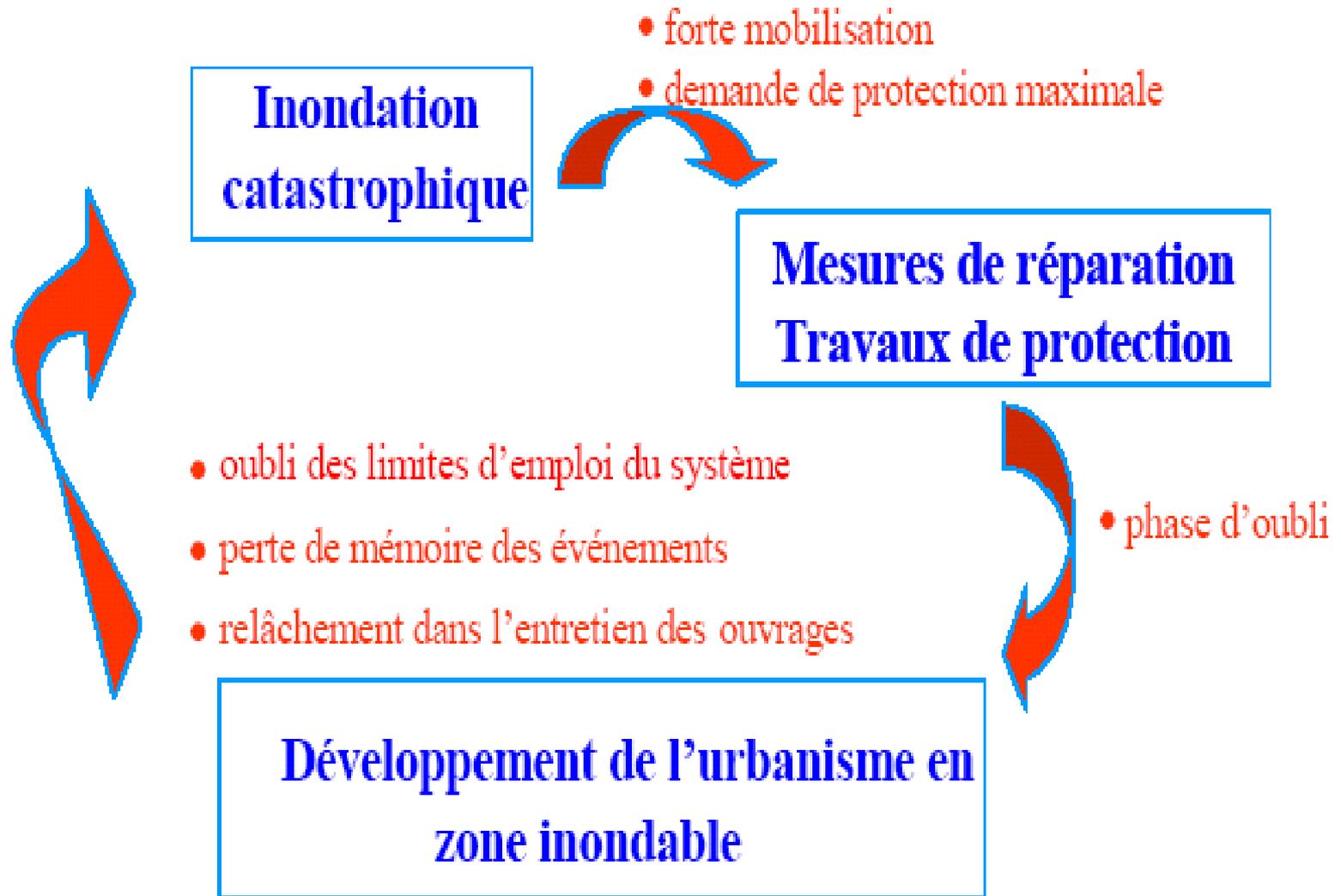
nature des milieux exposés
capacité de réaction



Évolution du risque d'inondation

- **L' accroissement de la valeur des propriétés et de l'activité économique dans les plaines inondables;**
- **L'accroissement de la densité de population et de l'utilisation du territoire dans les plaines inondables;**
- **La tendance de la population à surestimer le degré de protection offert par les ouvrages de contrôle des inondations;**
- **Le manque de données sur les débits et sur les dommages potentiels:**
- **La variabilité des caractéristiques hydrologiques des crues.**

b/ Boucle « Catastrophe »



2. Cas de l'Algérie

- ❖ L'Algérie est l'un des pays méditerranéens les plus confrontés aux phénomènes de crues et d'inondations

Elle se manifeste souvent de façon catastrophique

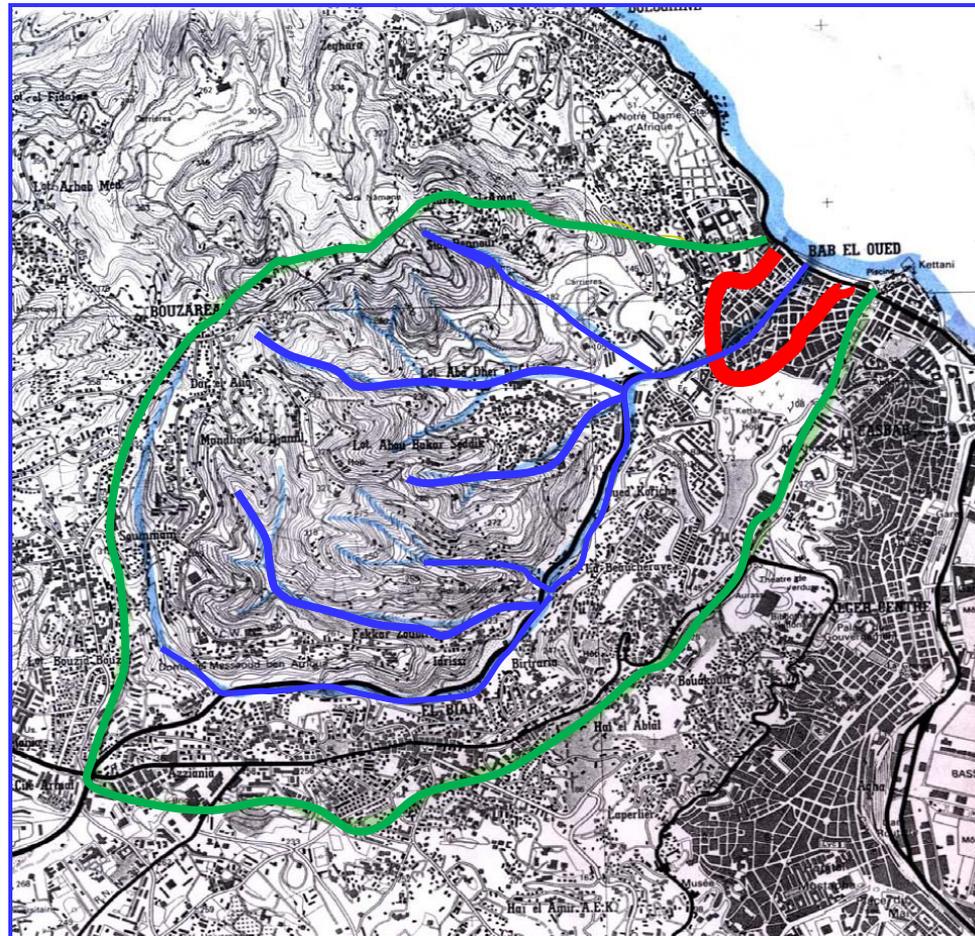
- Cas de Bab El Oued de 2001:

717 morts / 544 millions de dinars de dégât

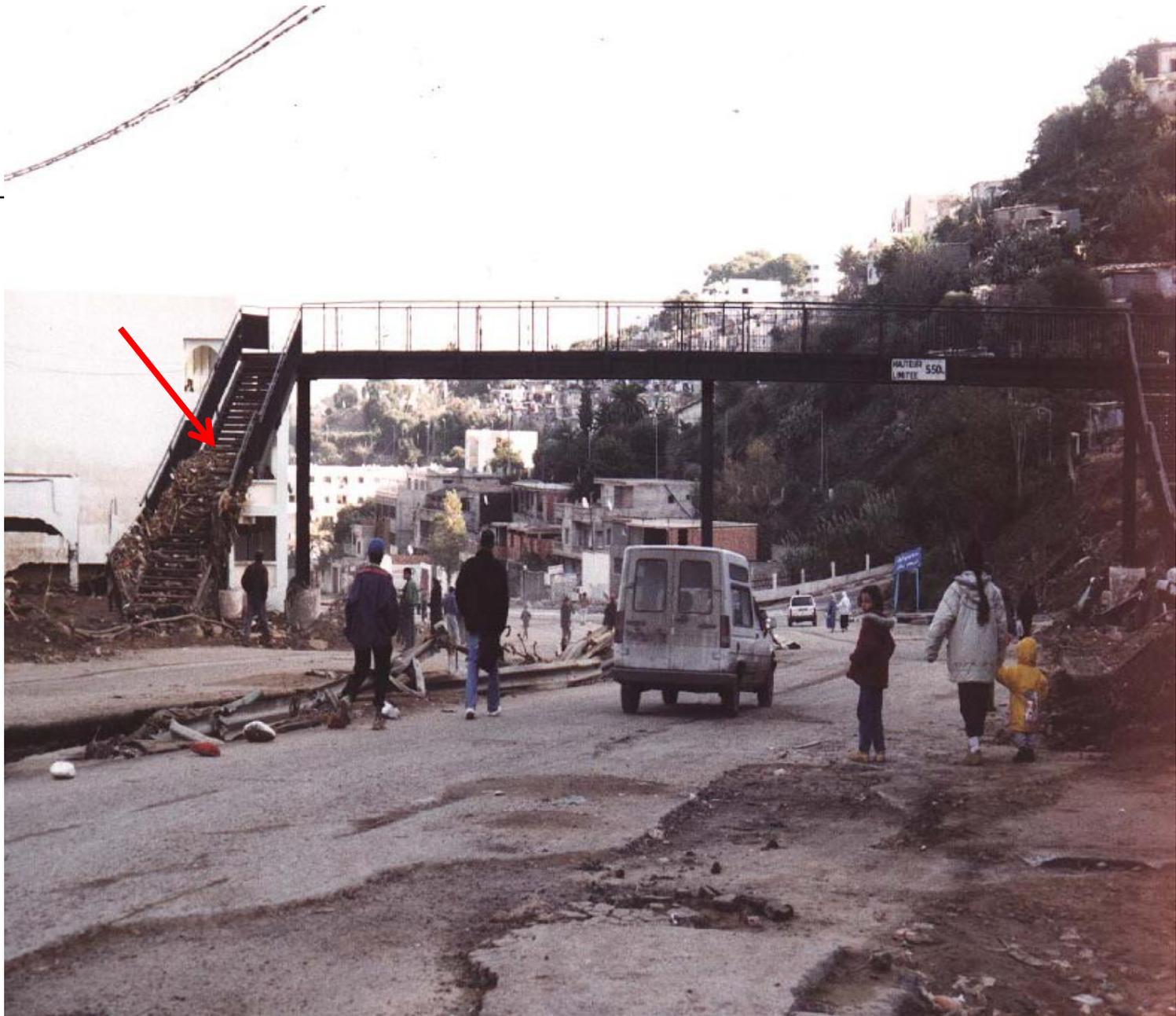
- Cas de Ghadaia 2008

32 morts / 200 millions d'euros de dégât

Alger













Principales Causes d'Inondations En Algérie (1970-2005)

Les situations météorologiques

- ❖ Forte irrégularité interannuelle et saisonnière des événements
- ❖ Importantes chutes de pluie (orages violents)

Principales Causes d'Inondations En Algérie (1970-2005)

Les situations météorologiques

- ❖ Forte irrégularité interannuelle et saisonnière des événements
- ❖ Importantes chutes de pluie (orages violents)

Les facteurs humains

- ❖ Urbanisation non contrôlée: imperméabilisation des sols, éliminations des zones d'épandages des crues
- ❖ Défaillances des réseaux d'assainissements et de collecte des eaux pluviales
- ❖ Anthropisations des cours d'eaux :Gonflements des oueds par des décombres et détrit

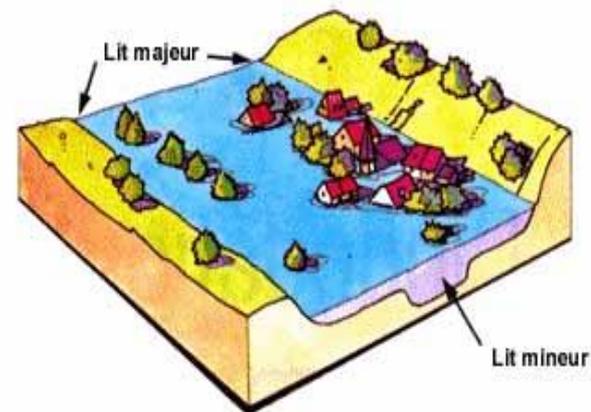
Les facteurs géographiques

❖ Villes traversées par les cours d'eaux:

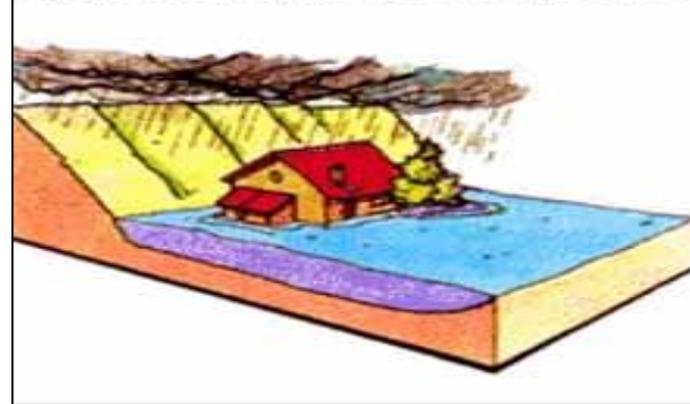
Bordj Bou Arrédidj, Oued R'hiou, Sidi Bel Abbés.

❖ Villes situées aux pieds des monts: Annaba, Batna, Médea, Ain Defla

1. Par débordement direct d'une rivière qui touche des vallées entières



2. Par accumulation d'eau ruisselée



Cas De La Ville De Annaba

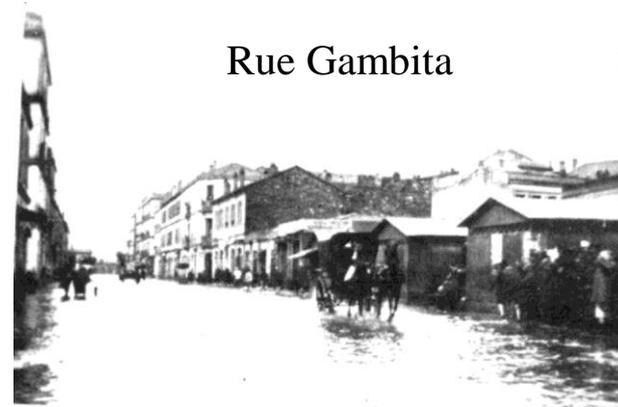


Annaba et les inondations

□ Inondation de 1906



Cité auzas



Rue Gambita

rue_la_fontaine_
(avenue_garibaldi_faubourg)



rue_sadi_carno (faubourgs)



Annaba et les inondations

❑ Inondation de 1907



❑ Inondation de 1940



Annaba et les inondations

❑ Inondation de 1940

❑ Inondation de 1961



Selon les caractéristiques des crues, leurs durées et leurs étendues , à Annaba, nous distinguons deux types

A/ les grandes inondations



Crues exceptionnelles de Mars 1973 à l'est du pays et en Tunisie

- **Épisode pluvieux du 25 au 29 mars (pluie journalière de 160mm à Annaba)**
- **Crue exceptionnelle avec un débit maximum instantané de 2400m³/s et une hauteur d'eau de 15 m à la station Mirbeck (seybousse aval)**

Inondations de Février 1984 l'est du pays

- Pluies abondantes généralisées à l'est Algérien
120mm en 02 jours aux Monts de Constantine**
- Mois de Janvier très pluvieux (200 mm)
provoquant la saturation du sol.**
- Une crue de 3100 m³/s; hauteur d'eau 15.15m à la
station de Miribek (Seybousse aval)**

Inondation de Décembre 1984 l'est du pays

Episode pluvieux de 04 jours (28 au 31 Déc.) de plus de 250mm survenu après des chutes de pluies intenses depuis le début du mois et provoquant la saturation du sol.

Intensité: 78 mm/h le 29 à 1h30.

Crues exceptionnelles par les volumes ruisselés que par les débit de pointe: Oued seybousse : 2900m³/s et un volume de 455 hm³

B/ Les crues éclaires urbaines

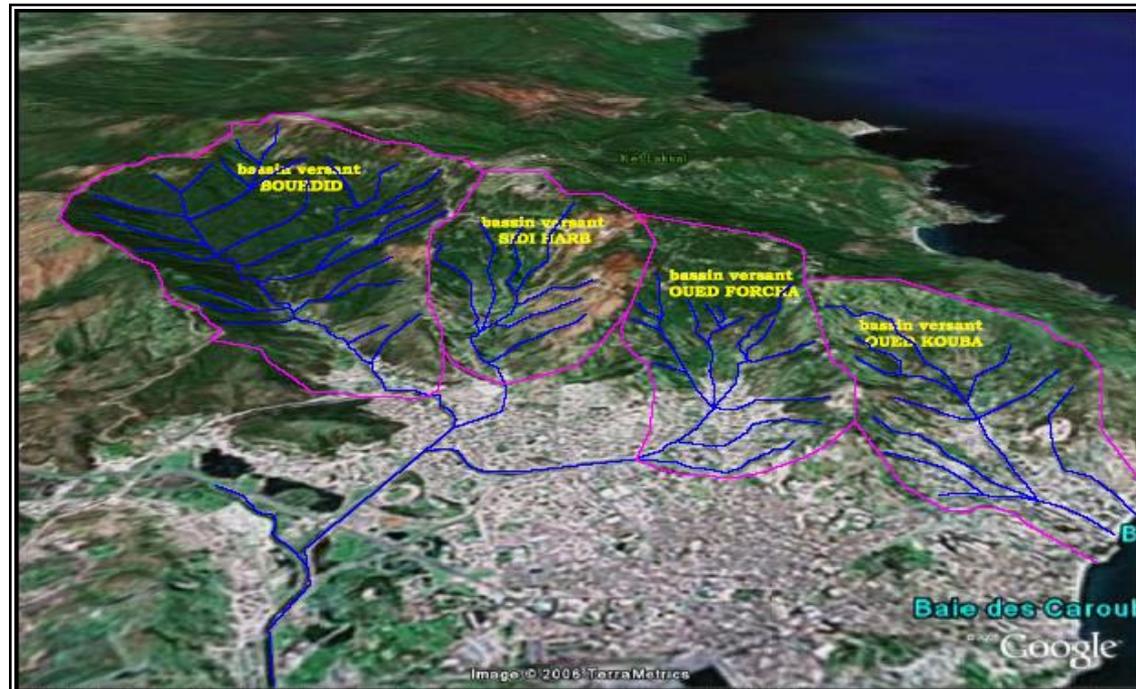


Annaba – 13 Décembre 2005

- ❖ **Pluviométrie enregistrée à la station météorologique des Salines est de 61.5mm**
- ❖ **Débordement du canal de ceinture en plusieurs endroits**
- ❖ **Inondation de plusieurs parties de la ville: Campus universitaire de sidi Achour;**
- ❖ **Institut de communication.**

Spécificité de la ville

La ville de Annaba construite au pied du Mont de l'EDOUGH est soumise à toute les eaux pluviales de cet important bassin versant et à ses aléas



HG – 4GCU

Crues historiques

14 décembre 2005 : zone inondées , photos ...

Crue 1984 : description.

Crue 1982 : description et cartographie

Crue 1973: description

Occupation des sols

Plan

Photo aérienne (1952, 1972, 1992 et 2005)

Images satellite

Pluviométrie

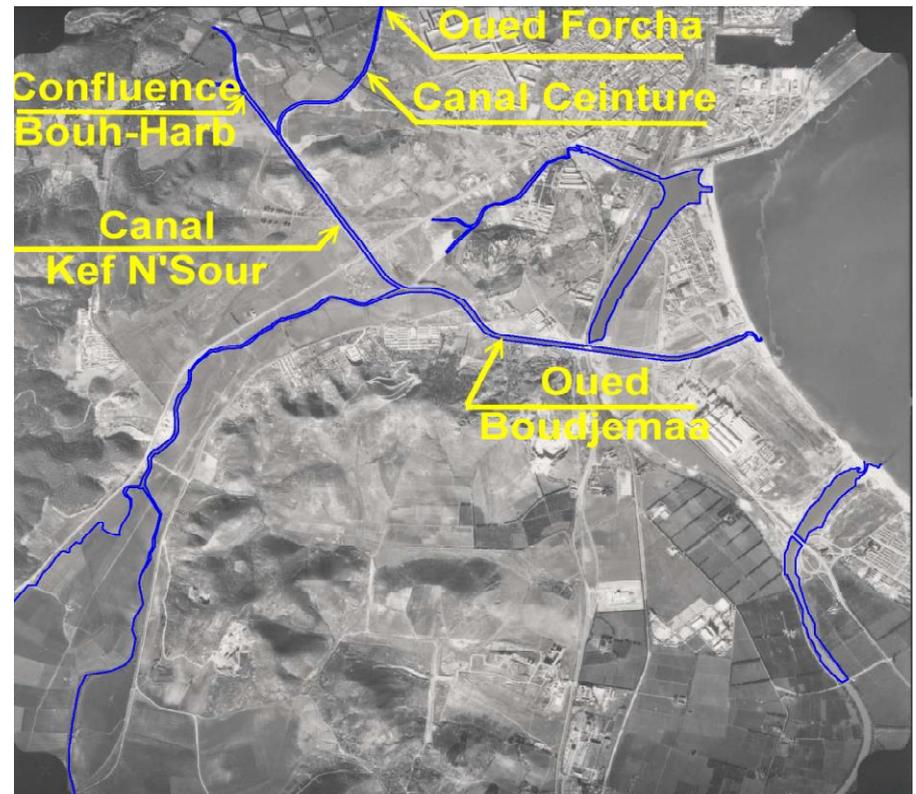
Les averses de 1973 à 2005

Evolution de Urbanisation

Urbanisme et occupation des sols : 1972

Pas d'occupation

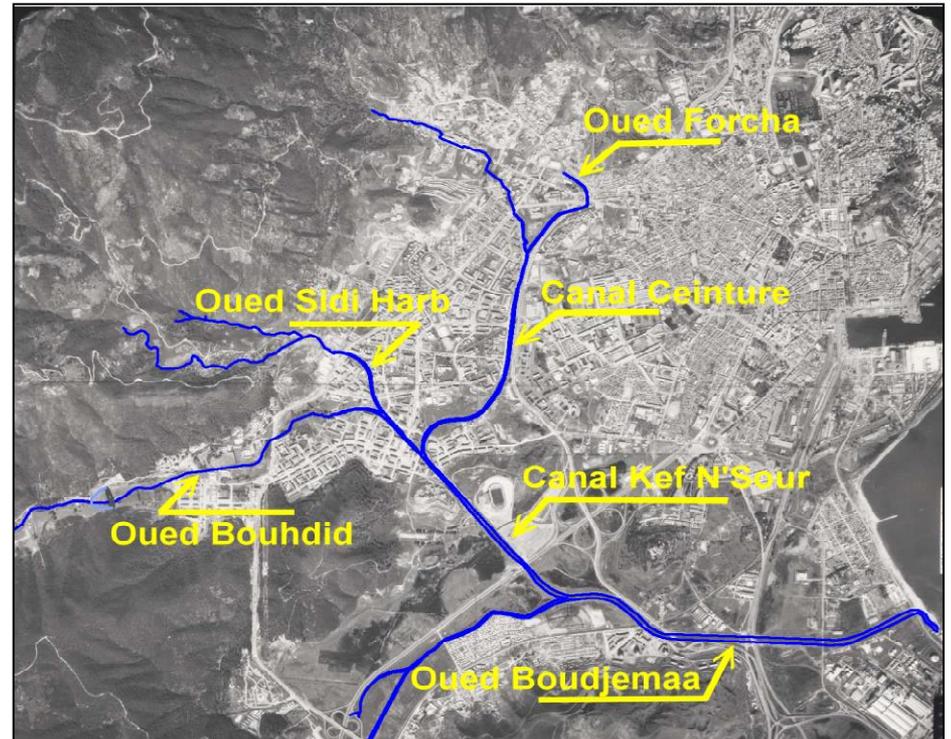
Le long des cours d'eau :



Evolution de Urbanisation

Urbanisme et occupation des sols : 1992

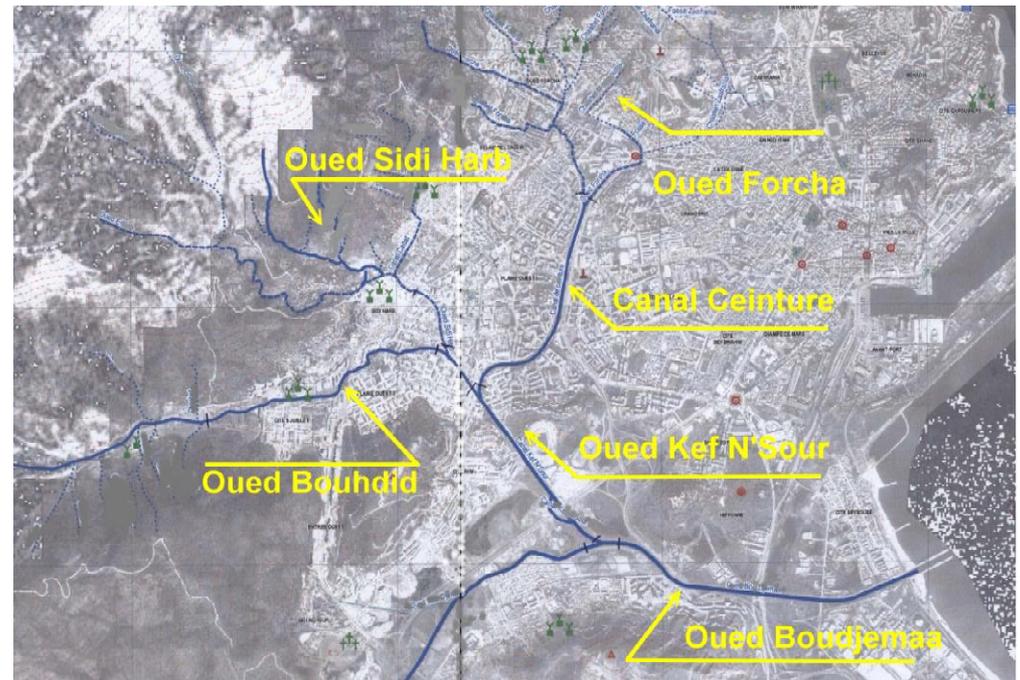
Occupation des rives des cours d'eau



Urbanisation

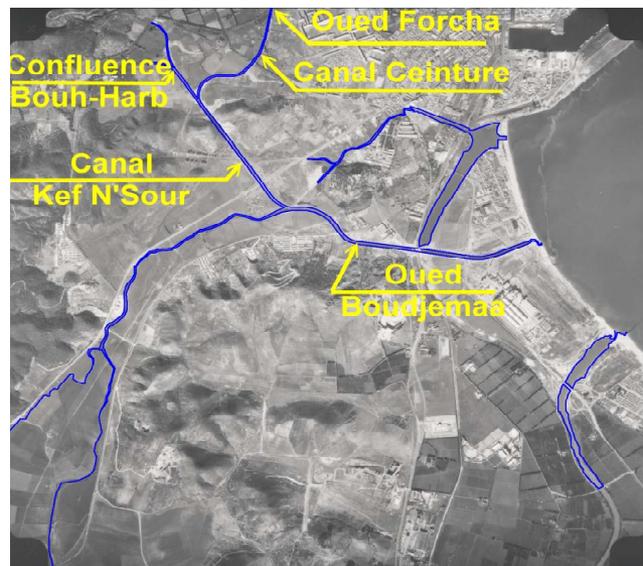
Urbanisme et occupation des sols
: 2005

Une densification de
l'urbanisation

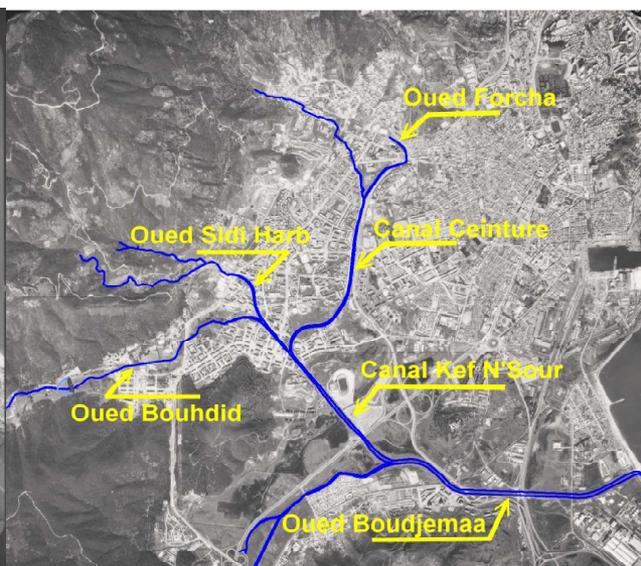


Occupation des sols

1972



1992



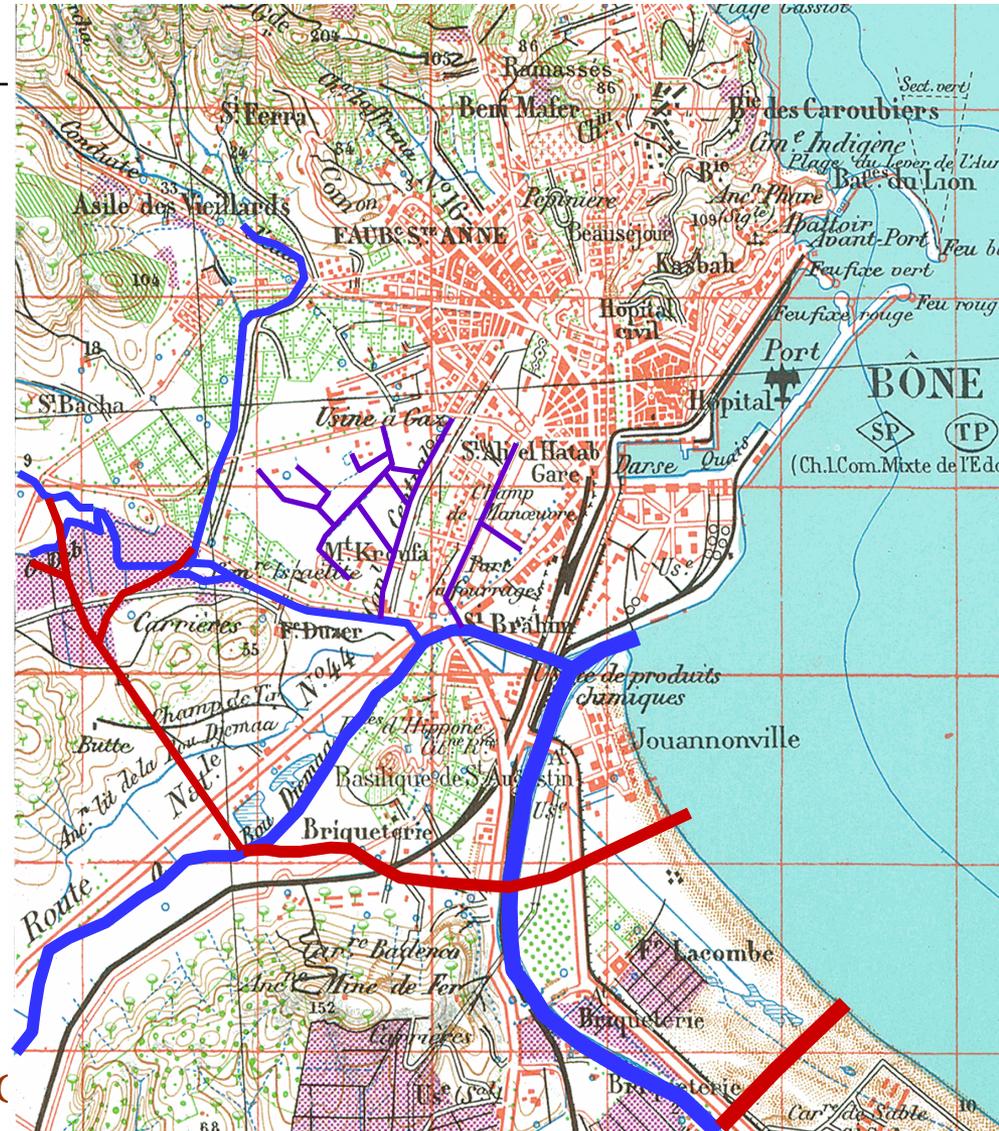
2005



HG – 4GCU

Anthropisation

- Traversée par :
 - Canal de ceinture (O.Forcha)
 - Oued Bouhdid
 - Oued Boudjema
- Se jetant dans la Seybouse
 - → **Déplacés !**
- Drainée par des canaux
 - → **Disparus !**



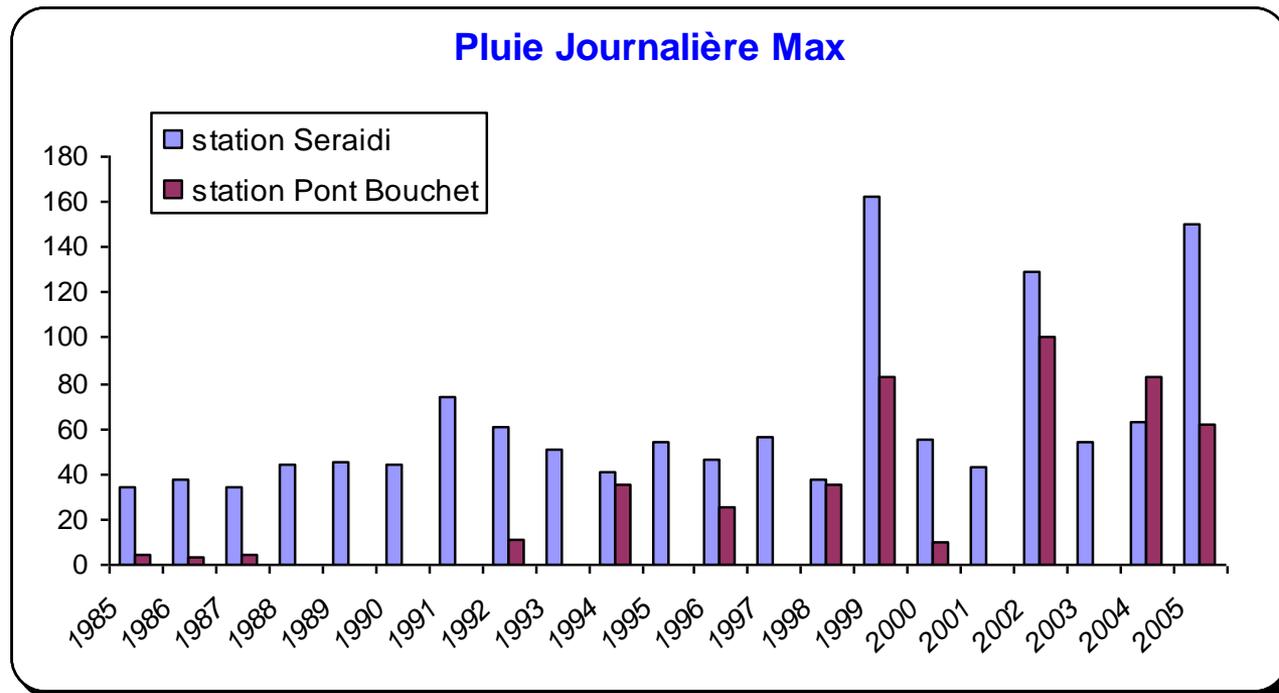
Des événements, de faible importance, à l'origine des inondations

EVENEMENTS A L'ORIGINE D'INONDATION DANS LA VILLE D'ANNABA					
N°	Début		Fin		Pluie Cumulée [mm]
	Date	Heure	Date	Heure	
1	11/03/1973	16 :45	12/03/1973	08 :30	85.1
2	25/03/1973	22 :15	28/03/1973	08 :00	152,3
3	26/10/1982	08 :04	29/10/1982	01 :49	160.7
4	10/12/1982	09 :00	11/12/1982	08 :00	47.0
5	07/02/1996	08 :15	08/02/1996	07 :00	45.0
6	29/11/2001	00 :04	29/11/2001	04 :19	27.1
7	13/12/2005	07 :10	14/12/2005	05 :55	61.4



Analyse hydro-pluviométrique

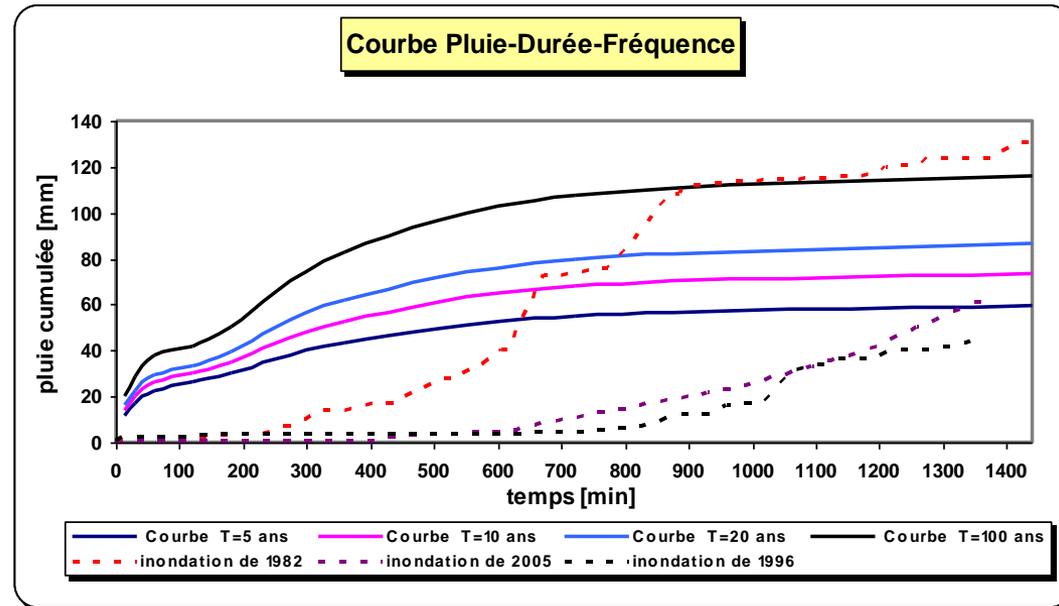
Répartition spatiale de la pluie et Choix de la station représentative



HG – 4GCU

Analyse hydro-pluviométrique

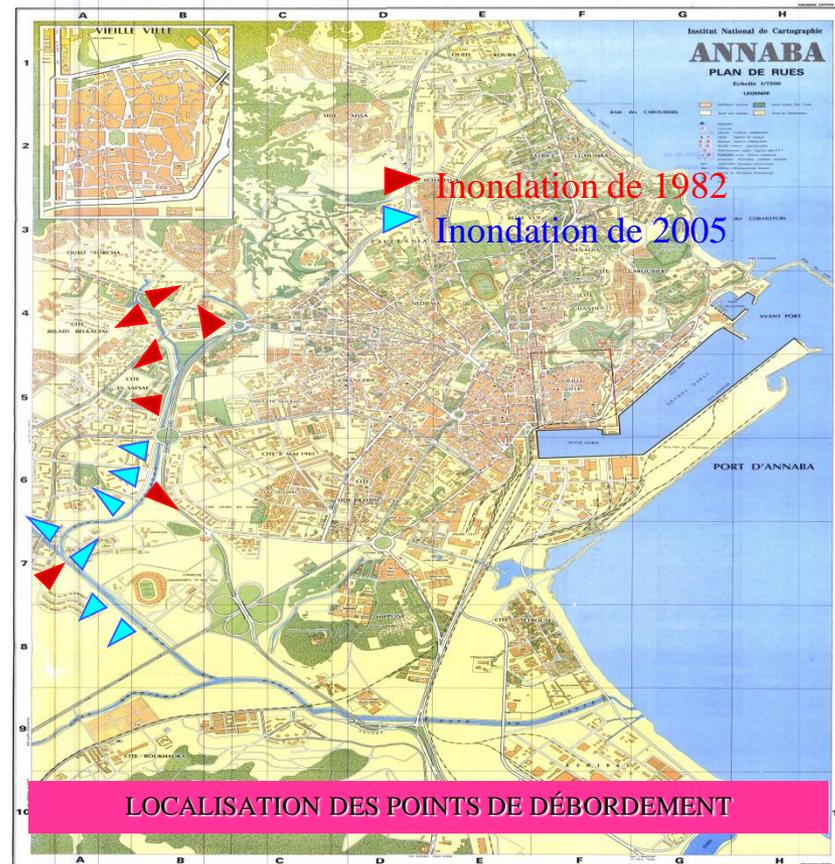
Les événements pluviométriques à l'origine des inondations de 1996, 2001 et de 2005; ont une période de retour inférieure de loin à celle de la protection établie



L'aléa naturel n'est donc pas le seul facteur à l'origine des inondations.

HG – 4GCU

Déplacement des points d'inondation vers l'aval



HG – 4GCU

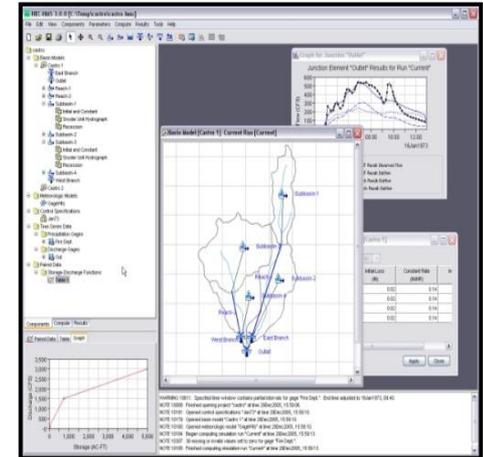
4. Modélisation et Simulation des inondations

Présentation du logiciel HEC-HMS

- Le logiciel HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) est développé par les ingénieurs de l'armée américaine (US Army Corps of Engineers).

<http://www.hec.usace.army.mil/>

- Des possibilités de modélisation très développées
- Intégrations des ouvrages tel que bassin de rétention et digue dans la modélisation



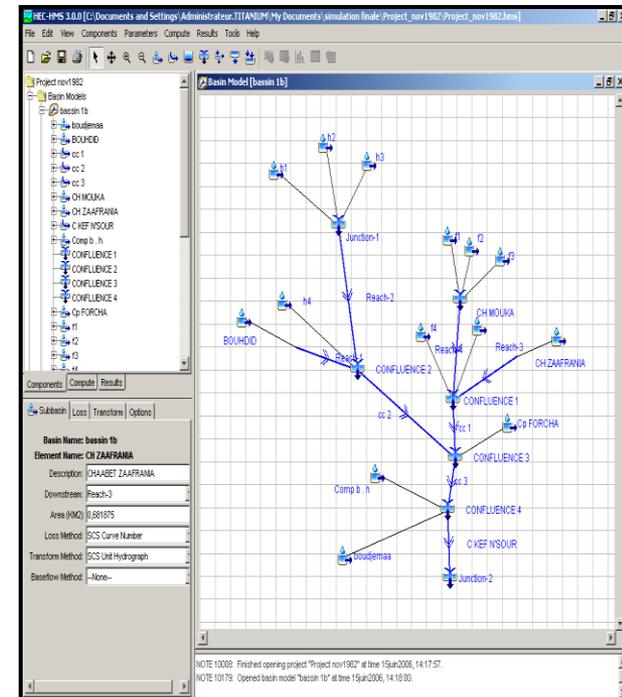
4. Modélisation et Simulation des inondations

Simulation des événements a l'origine des inondations de Annaba

Simulation des événements réels, à l'origine des inondations dans la ville. Deux cas de figure sont présentés dans les simulations

Simulations sans les bassins de rétention : pour les averses de 1973 et 1982 ; avant « protection » ;

Simulations avec et sans bassins de rétention averses de 1996, 2001 et 2005 ; après « protection ».



Résultat et discussion

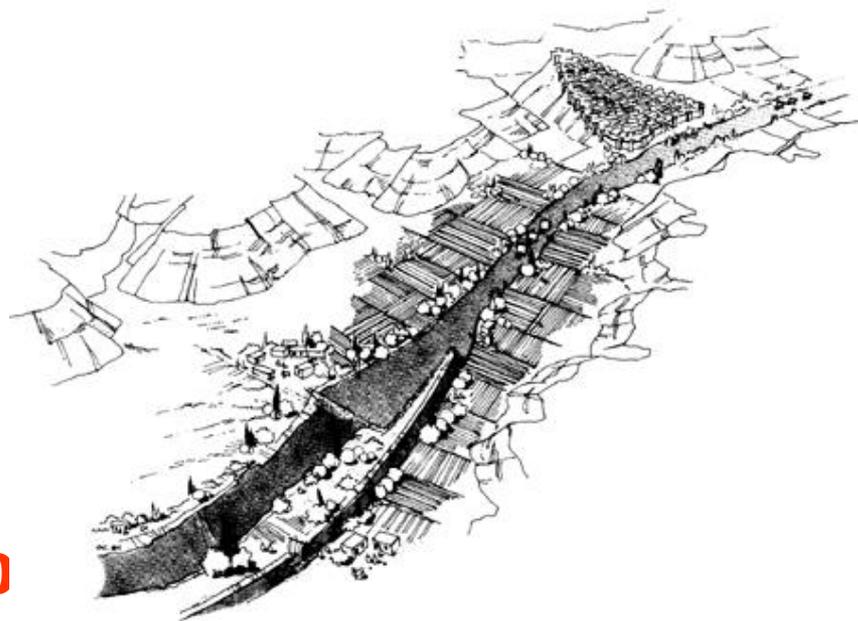
Fonctionnement des « bassins de rétention » :

- le débit de pointe n'est pas écrêté
- le stockage des eaux est faible
- le laminage des crues est inexistant

Effacité et danger des moyens de lutte

- Construction de digues
 - diminue la zone d'expansion des crues
 - augmente le débit à l'aval
 - ne protège pas contre les événements extrêmes

A utiliser avec beaucoup de précautions



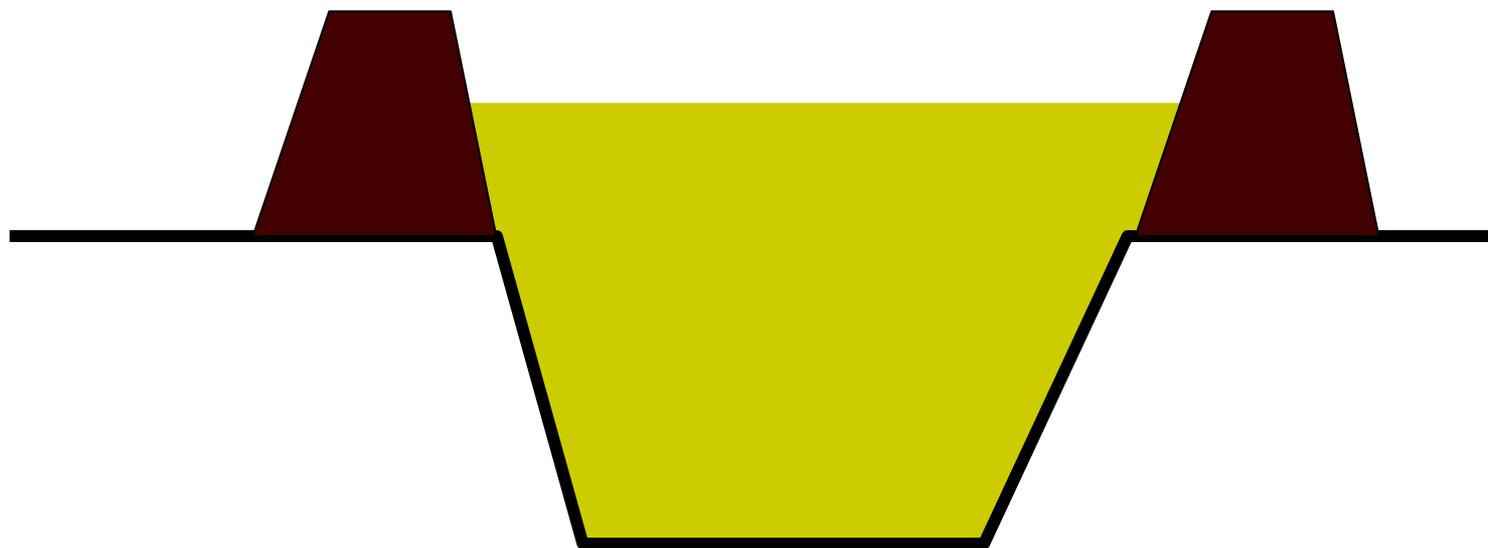
Endiguement : exemple du fleuve jaune



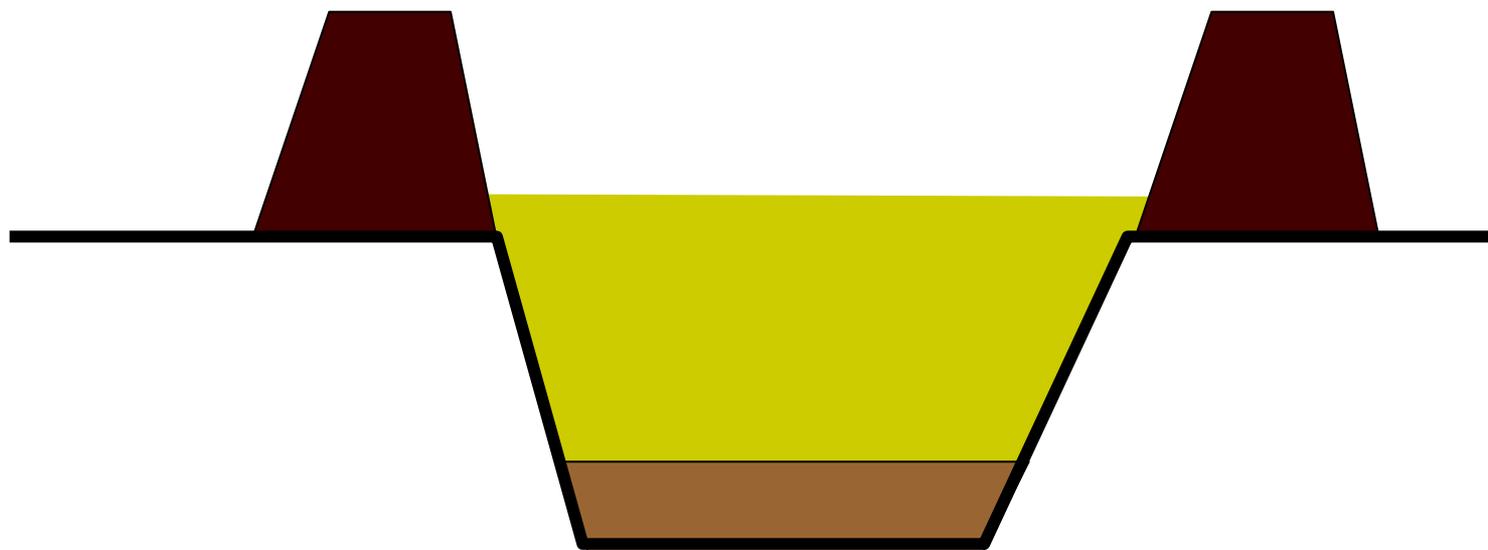
Endiguement : exemple du fleuve jaune



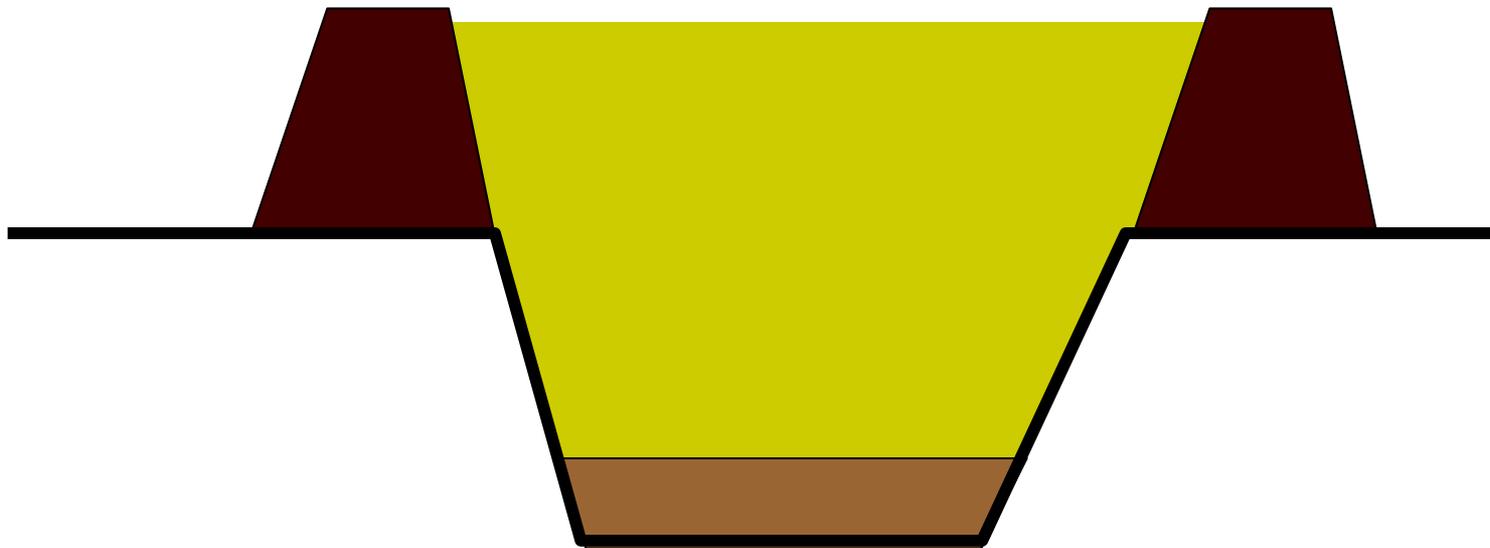
Endiguement : exemple du fleuve jaune



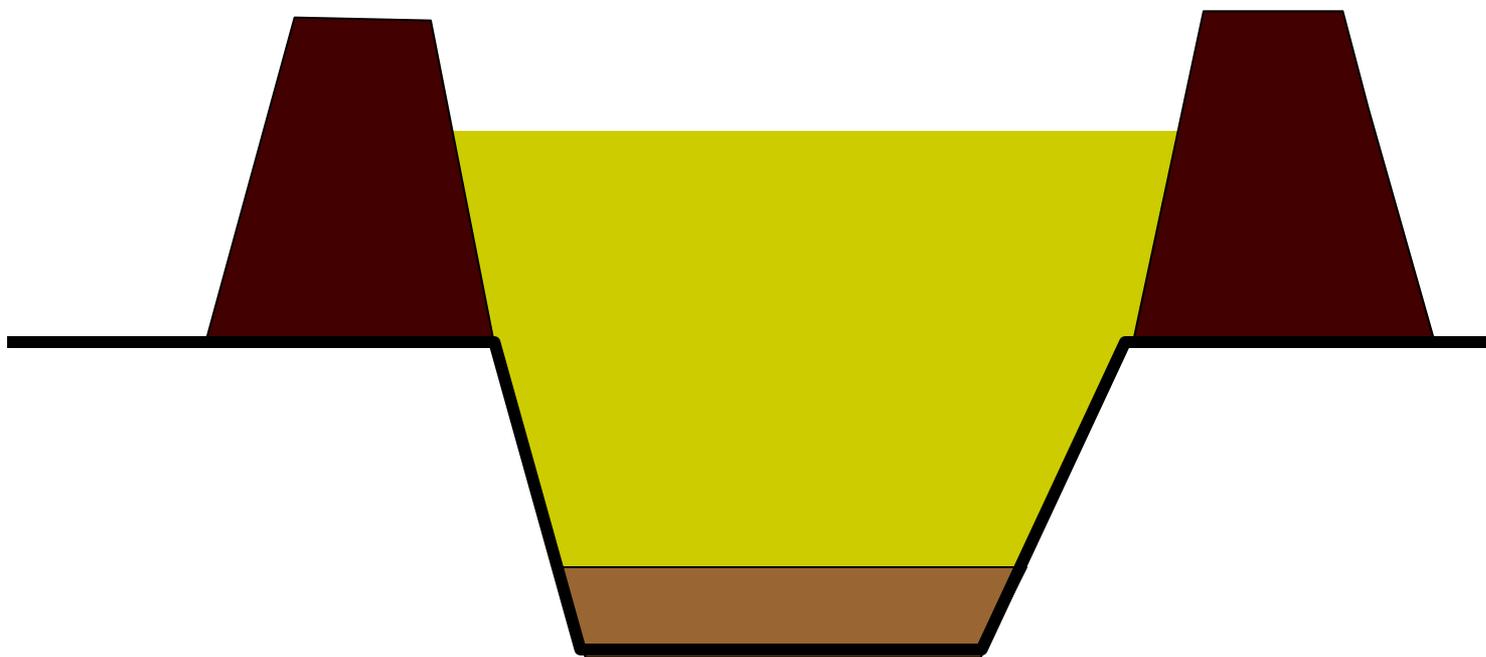
Endiguement : exemple du fleuve jaune



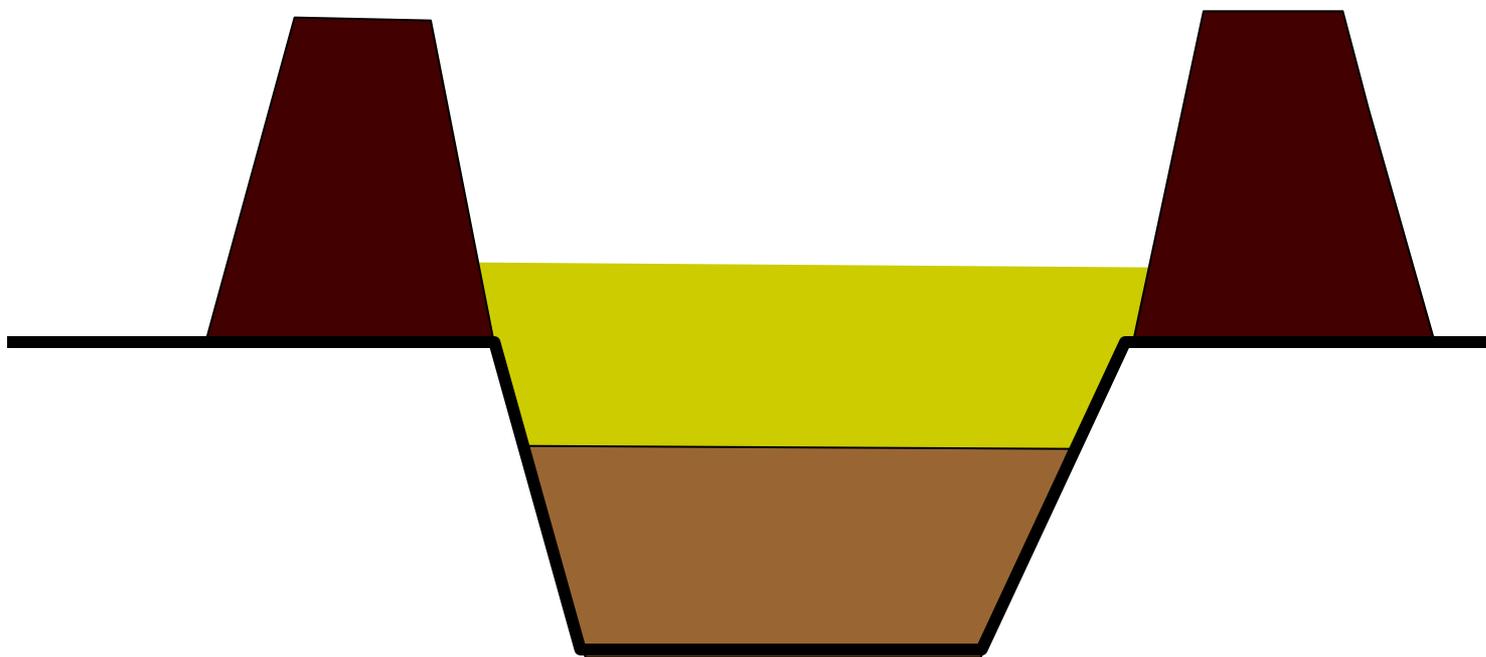
Endiguement : exemple du fleuve jaune



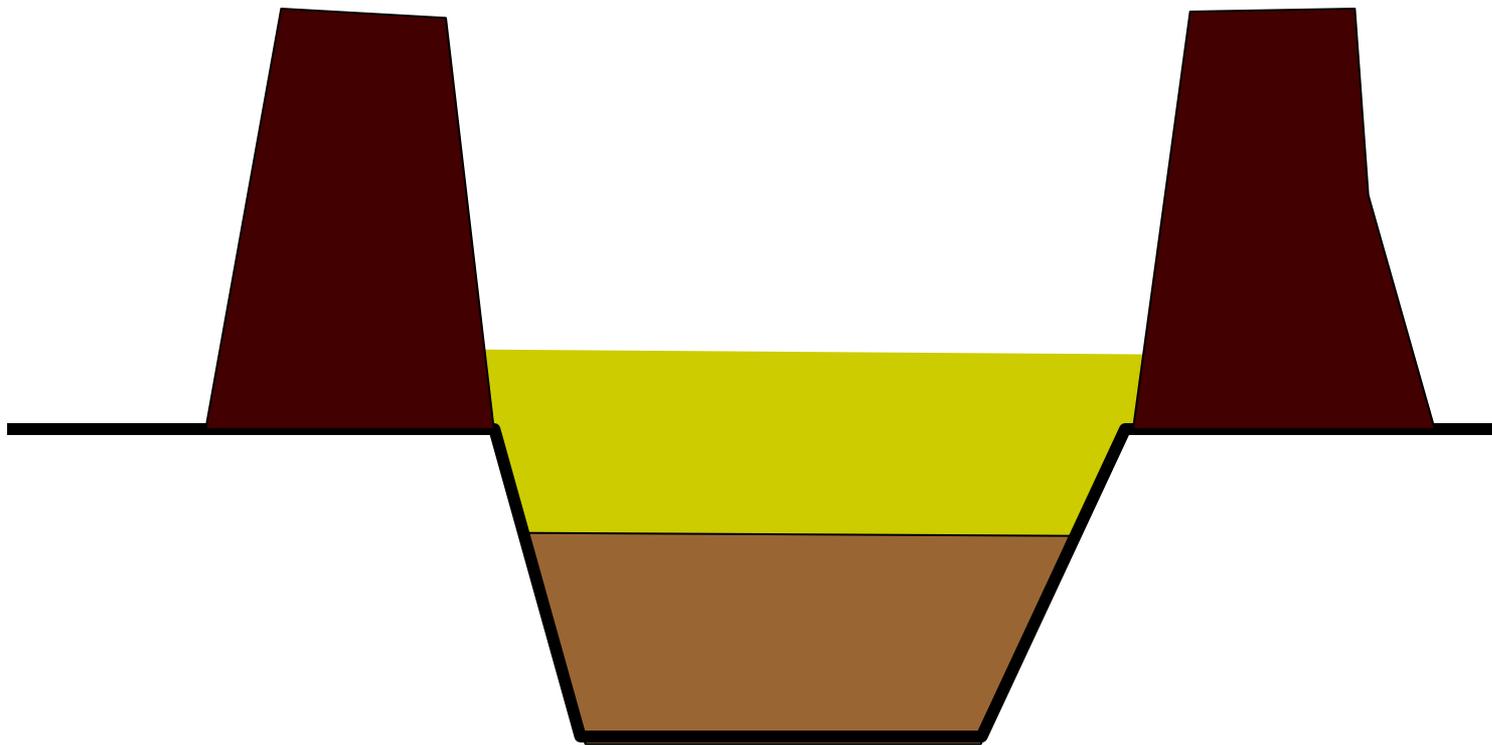
Endiguement : exemple du fleuve jaune



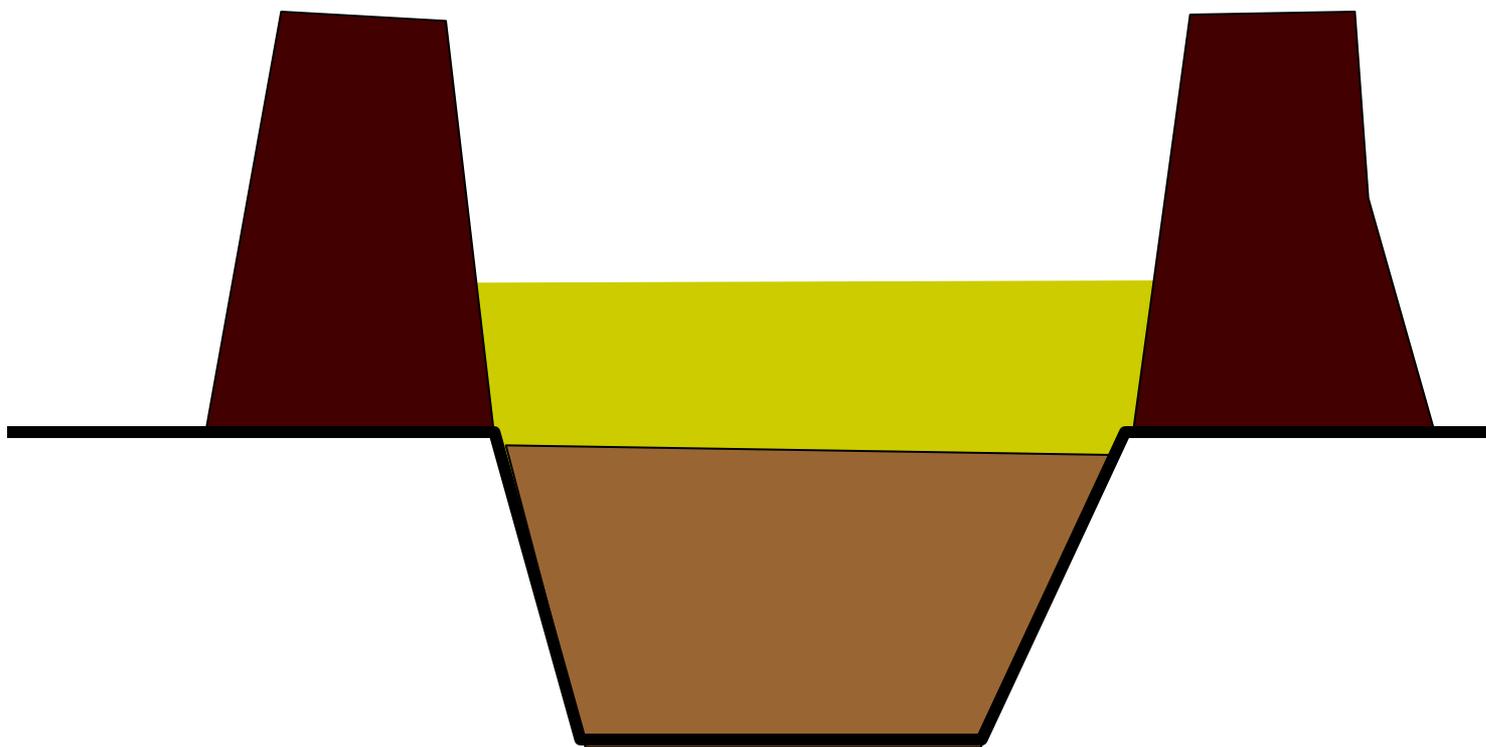
Endiguement : exemple du fleuve jaune



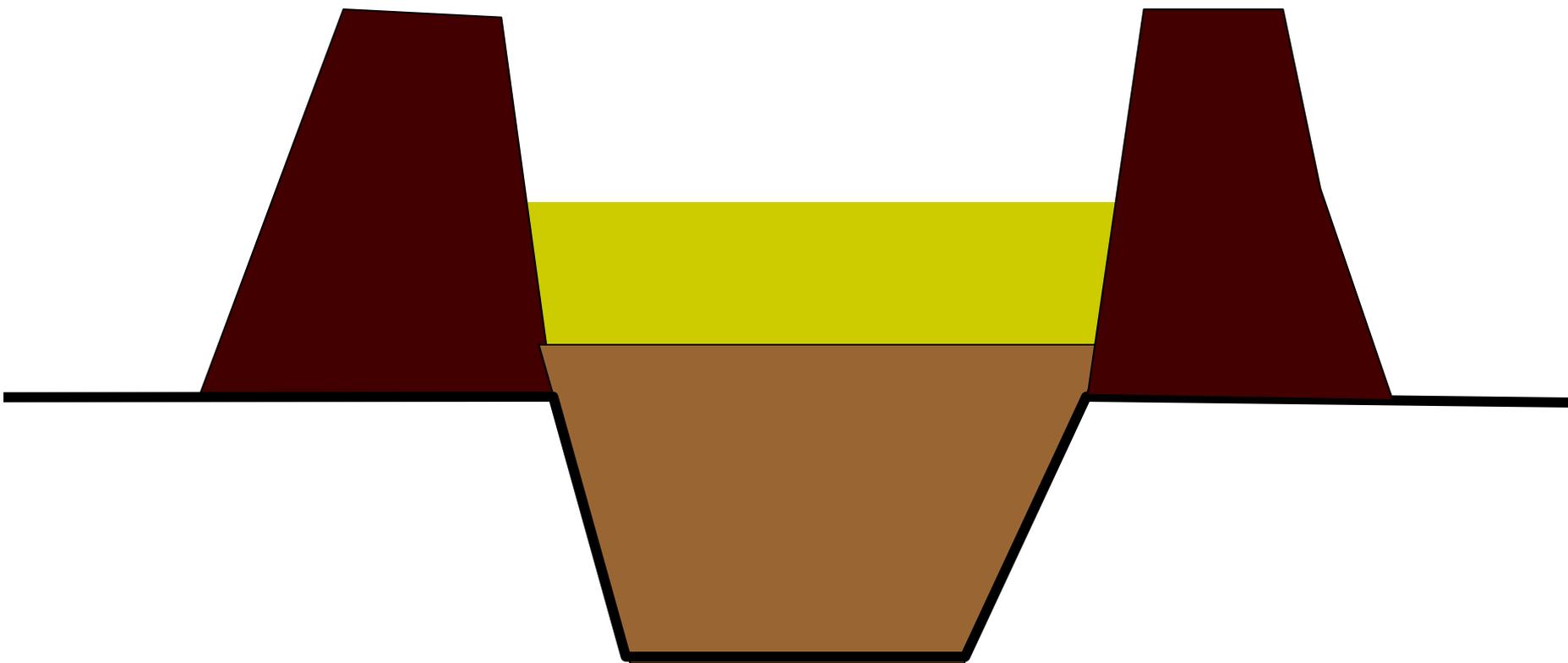
Endiguement : exemple du fleuve jaune



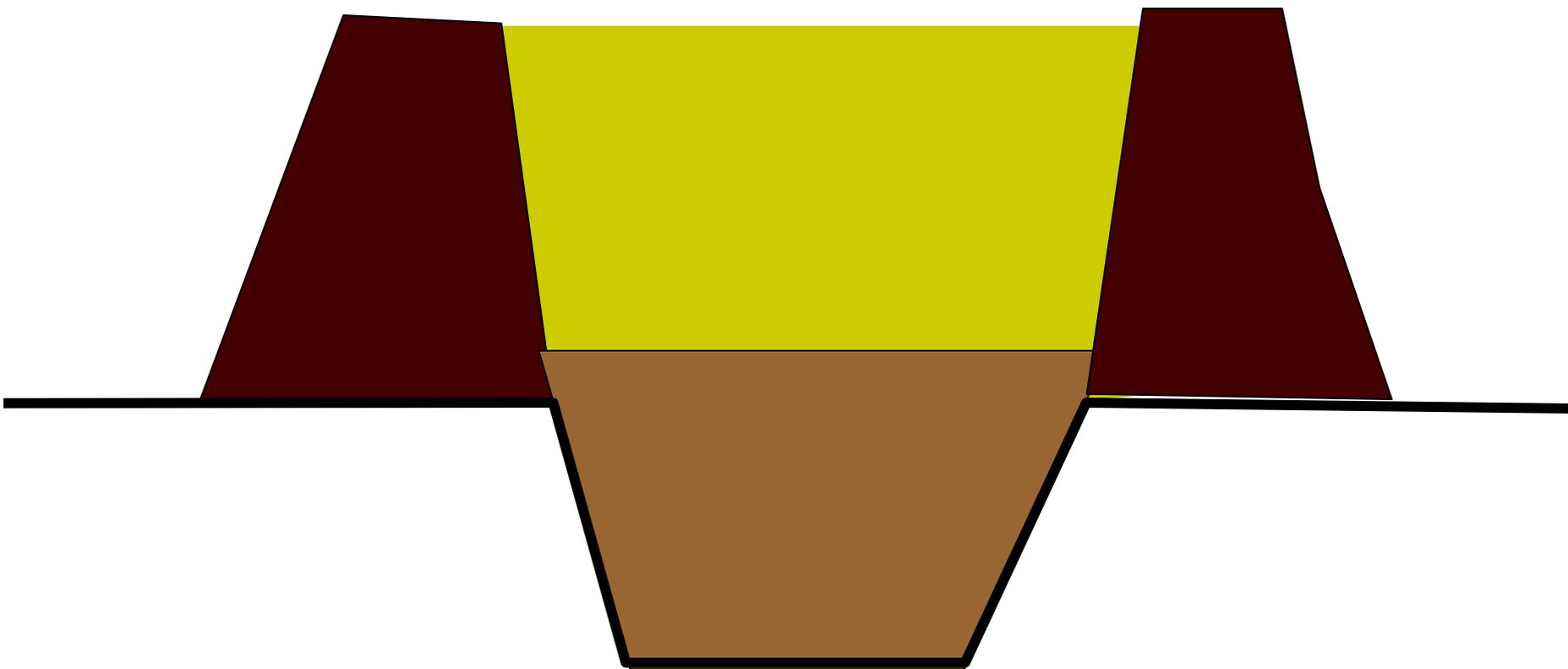
Endiguement : exemple du fleuve jaune



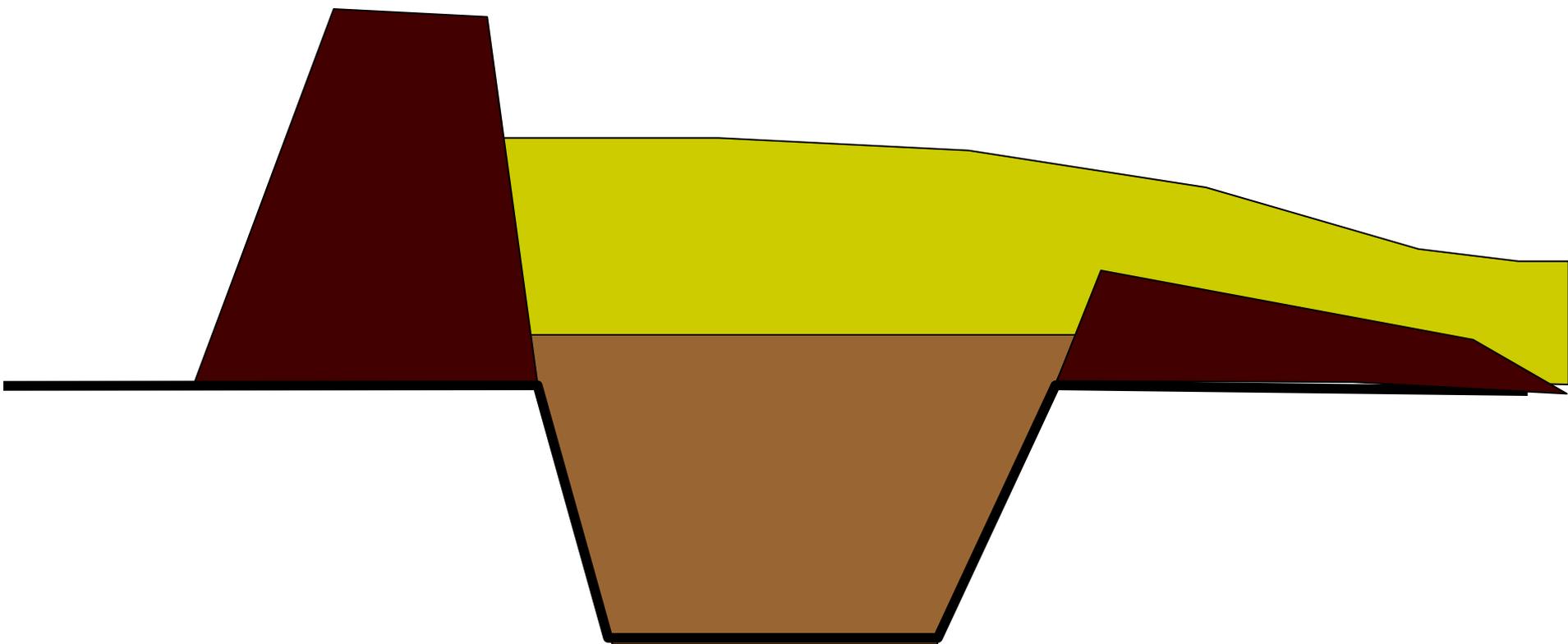
Endiguement : exemple du fleuve jaune



Endiguement : exemple du fleuve jaune



Endiguement : exemple du fleuve jaune



En conclusion

- Agir de préférence sur la vulnérabilité
 - Préserver les zones inondables

En conclusion

- Agir de préférence sur la vulnérabilité
 - Préserver les zones inondables
 - Contrôler l'urbanisation

En conclusion

- Agir de préférence sur la vulnérabilité
 - Préserver les zones inondables
 - Contrôler l'urbanisation
 - Mettre en place des systèmes d'alerte

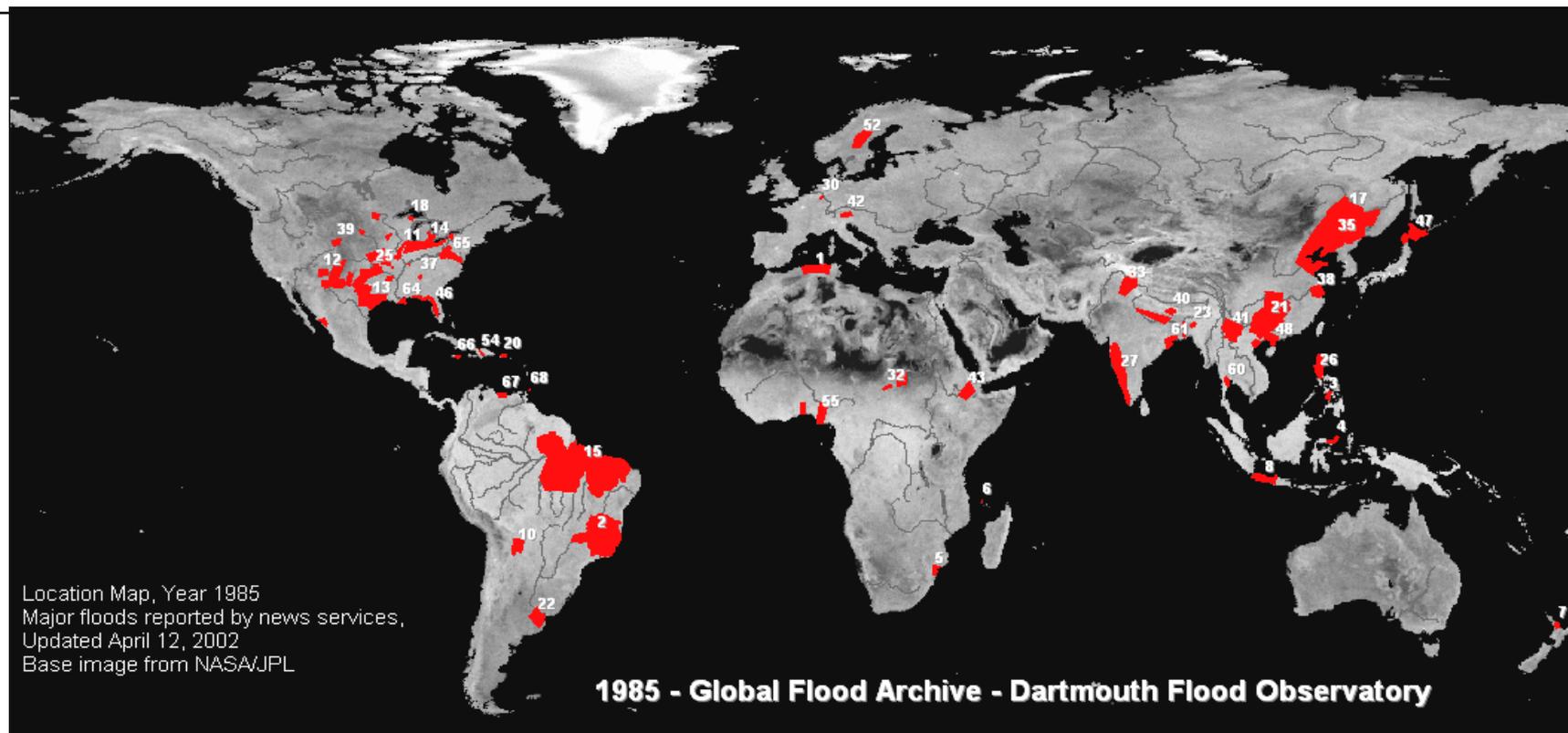
En conclusion

- Agir de préférence sur la vulnérabilité
 - Préserver les zones inondables
 - Contrôler l'urbanisation
 - Mettre en place des systèmes d'alerte
 - Développer une culture du risque (informer et former les populations et les acteurs de la gestion)

En conclusion

- Agir de préférence sur la vulnérabilité
 - Préserver les zones inondables
 - Contrôler l'urbanisation
 - Mettre en place des systèmes d'alerte
 - Développer une culture du risque (informer et former les populations et les acteurs de la gestion du risque)
 - **Accepter le risque**

Carte des inondations majeurs dans le monde de 1985 à 2002



Merci de votre attention !

HG – 4GCU