

# **LES RISQUES HYDROLOGIQUES :** ***INONDATIONS : CAUSE, EFFETS ET CONTRÔLE***

## **Inondations**

- I. Comment le cours d'eau produit une inondation**
- II. Contrôle des inondations et méthode d'intervention**
- III. Application de la photo-aérienne à l'évaluation du risque inondation**
- IV. Profil transversale d'un cours d'eau**
- V. Inondation : Principe de cartographie**

## **INTRODUCTION :**

- **Les inondations**, qui représentent la principale source de dommages naturels, sont dues à des précipitations abondantes, à la fonte des neiges et glaces ou à l'invasissement marin, ces phénomènes étant aggravés par l'urbanisation et le réchauffement climatique.
- Elles engendrent des destructions à grande échelle, de la pollution et des pertes en vies humaines. Ils s'appuient sur des mesures d'aménagement structurel (telles que les digues et les barrages) et de prévention (comme l'urbanisme et les plans d'urgence).

### **I. COMMENT LE COURS D'EAU PRODUIT UNE INONDATION ?**

- En période pluviale, suite à la fonte de la neige et glace, une partie de l'eau de pluie ou de la neige est retenue par le sol, infiltrée, absorbée par la végétation ou évaporée. Le reste s'écoule dans un cours d'eau.
- Les crues se produisent lorsque le sol et la végétation ne peuvent pas assimiler toute l'eau de ruissellement, et provoquent une élévation du lit du cours d'eau. L'eau ruisselle parfois dans des quantités qui ne peuvent être transportées dans le lit des rivières, ni retenues dans les bassins naturels et les réservoirs artificiels situés derrière des barrages.
- Dans ce cas le cours d'eau déborde et il se produit alors une inondation.
- En région méditerranéenne, les inondations surviennent en automne grâce à une précipitation intense. Les pratiques agricoles intensives, les terrains godronnés et le déboisement diminuent la capacité du terrain à retenir l'eau et augmentent le ruissellement.
  - **La maîtrise de l'inondation passe par :**
    - *Le reboisement et la mise en œuvre des méthodes efficaces de traitement des sols et de la conservation :*
      - 1. protection de l'environnement.**
      - 2. préservation de la forêt :**
        - régulation du climat et de l'écosystème les forêts mondiales contiennent plus de 50% de la biodiversité terrestre.
      - 3. protection de la forêt**
        - contre les incendies.
        - Et les techniques d'exploitation intensive des forêts.
        - conservation des sols.
        - protection des bassins hydrographiques.
- C'est la protection des zones humides (lacs, marais, ...) qui jouent un rôle majeur dans le cycle de l'eau. une réglementation du cycle de l'eau sur la surface de la terre.
  - L'absence et le manque de forêt augmentent l'oxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère, risque de provoquer un réchauffement de la planète associé à de nombreux effets secondaires.
  - la fonte de la neige et de la glace.

- changement climatique.

## II. CONTRÔLE DES INONDATIONS ET MÉTHODES D'INTERVENTION

- *Les méthodes fondamentales de contrôle des inondations ont été mises en pratique depuis longtemps :*

### 2.1. Le reboisement

### 2.2. Construction des levées (remblai), barrages, réservoirs, et canaux d'inondation (canaux artificiels qui détournent l'eau des crues).

- les levées remblai parallèles à la rive d'un cours d'eau.
- les barrages sont utilisés comme réservoirs d'eau aussi.

### 2.3. la méthode efficace de contrôler les crues :

- ✓ *Il s'agit de la gestion de l'eau (via des barrages et réservoirs) sur les sections supérieures des rivières, afin d'accumuler l'eau durant les phases d'écoulement intense et de la relâcher pendant les périodes sèches. Cas : l'aménagement du Rhône en Europe.*
- ✓ *Construction des canaux d'inondation sur les parties de hautes tensions (fortes volumes) des rivières, permet de détourner les eaux d'inondation.*

## III. APPLICATION DE LA PHOTO-AÉRIENNE À L'ÉVALUATION DU RISQUE D'INONDATION.

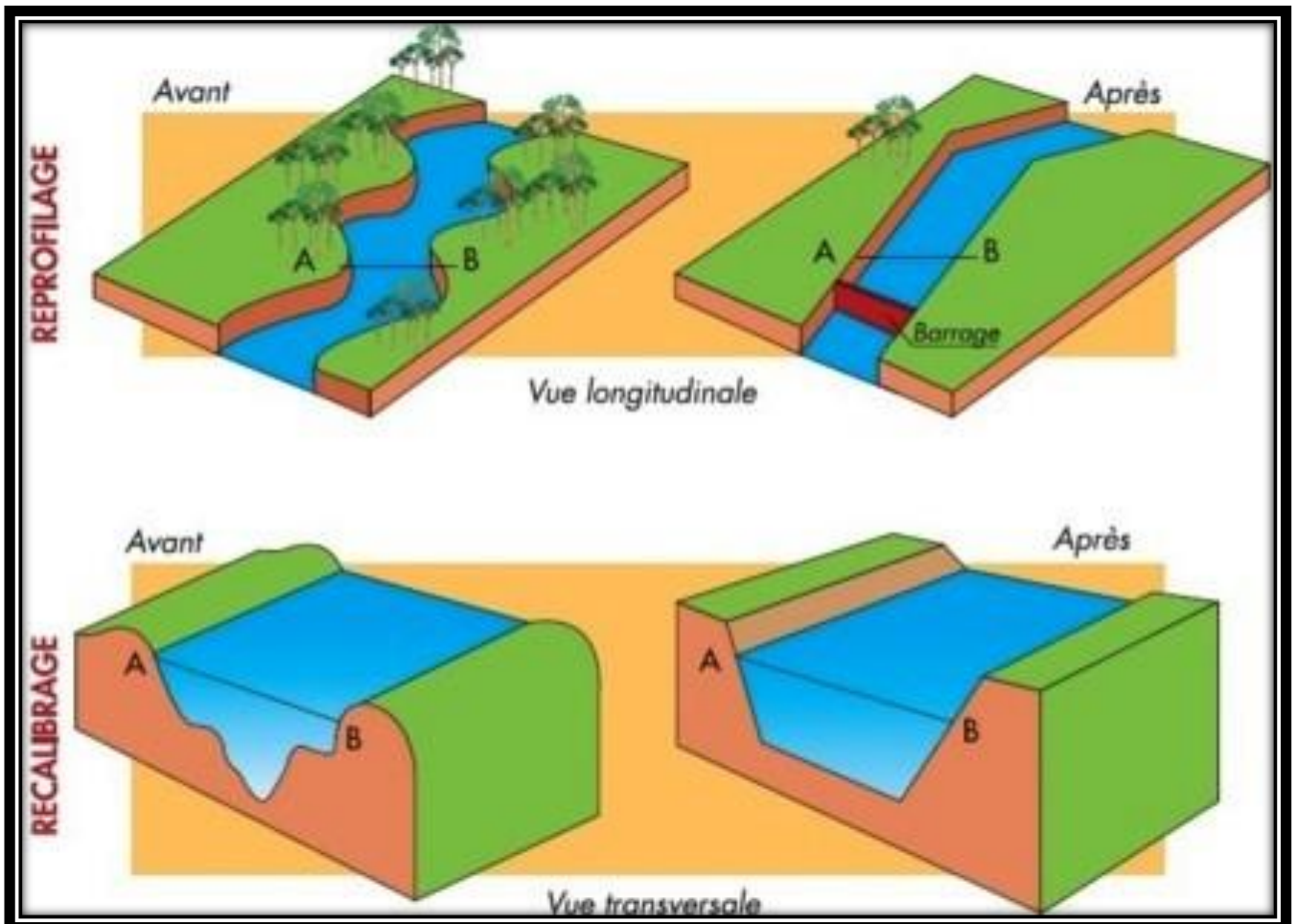
- L'usage de la photographie aérienne, associé à la 3D cartographique et aux drones, est déterminant pour établir des cartes des zones sujettes aux inondations, simuler les crues (ruissellement et débordements) et mesurer la vulnérabilité des infrastructures.
- Elle offre la possibilité de voir l'étendue réelle de l'eau, simplifiant ainsi la planification territoriale et la gestion des risques.
- Le combat contre les inondations est une inquiétude de premier plan.
- Face à ce risque, des mesures de prévention sont prises en compte aux différents niveaux de l'aménagement et de l'urbanisation.
- La photo-aérienne (prise de vue successives) est un des outils les plus importants à l'analyse des informations et surtout à la cartographie des espaces concernés.

### 1) La photo-aérienne pour une meilleure connaissance d'un milieu :

- Pour bien comprendre le risque d'inondation dans une vallée, il est nécessaire de prendre du recul dans l'espace par rapport à la zone inondée. Il faut chercher à comprendre ce qui intervient en amont pour favoriser la concentration d'eau vers l'aval.

#### a- Analyse globale au niveau de la vallée

- Une étude (analyse) à l'aide de la photographie aérienne à petite échelle offre une perspective géomorphologique globale.
- Tout d'abord, on commence par la délimitation très exacte du bassin versant et de chacun des bassins versants de second ordre (sous-bassins).
- Cette technique permet aussi de mesurer sur des profils en travers les variations de la largeur du lit majeur (évaluer les fluctuations de la largeur du lit majeur sur des profils transversaux).



### *Vue longitudinale et transversale d'un cours d'eau*

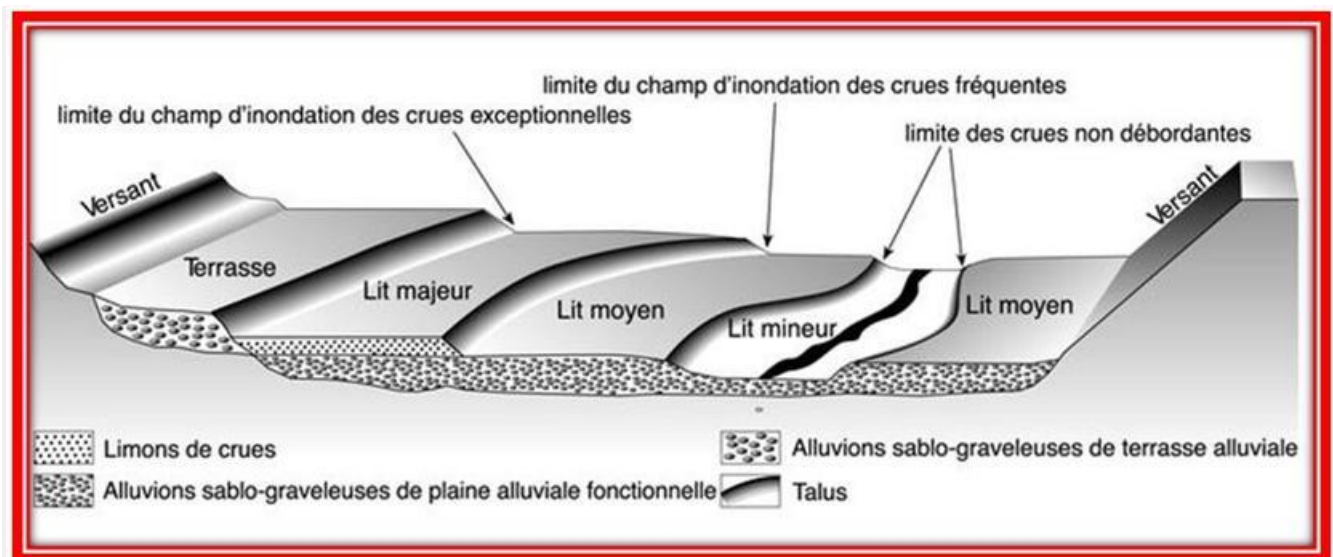
- L'analyse de ce profil permet de constater les zones de rétrécit brutalement, donc l'écoulement des eaux sera également troublé avec de nombreux obstacles.
- b- Analyse de la capacité de concentration des eaux**
- *L'analyse stéréoscopique* des photo-aériennes permet :
    - ✓ de faire un relevé hydrographique détaillé du bassin de deuxième ordre (sous-bassin),
    - ✓ et par là, de savoir quel est le rôle joué par chacun de ces bassins (s.b) au moment des crues.
    - ✓ On peut calculer les indices caractérisant la plus ou moins rapide concentration des eaux en aval, après une analyse de la forme morphométrique de ces sous-bassins.
- c- Analyse des actions anthropiques**
- L'analyse comparative détaillée de plusieurs couvertures photographiques étalées dans le temps permet de recenser les actions anthropiques accumulées pendant cet intervalle de temps, et qui peuvent accélérer la concentration des eaux.
    - a. *pour le monde rural* :
      - les drainages agricoles.
      - les labours suivant la plus grande pente.
      - l'ouverture des fossés.
      - l'imperméabilisation des chemins ruraux.

**b. pour le monde urbain**

- l'imperméabilisation des surfaces construites.
- le développement des parcs de stationnement.
- La mise à jour du réseau routier et les fossés de côté.

#### IV. PROFIL TRANSVERSALE D'UN COURS D'EAU

- L'profil transversal (ou en travers) d'un cours d'eau est une section verticale qui s'oppose à son axe de flux (écoulement), illustrant la configuration du lit (mineur et parfois majeur) ainsi que des rives à un endroit spécifique. Il offre la possibilité d'évaluer la section mouillée, la profondeur et la largeur dans le cadre de l'analyse hydrologique et hydraulique.
- Le lit d'un cours d'eau est généralement classé en trois catégories selon la régularité des inondations : le lit mineur (écoulement courant, situé entre les rives), le lit majeur (zone submergée lors des crues), et parfois le lit exceptionnel (zone inondée lors des crues récurrentes = fréquentes). Ces zones régulent la dynamique de l'eau.



*Relations topographiques entre les composantes d'une plaine alluviale fonctionnelle (adaptation de Ballais et al., 2005). Topographic relations between components of a functional floodplain (adapted from Ballais et al., 2005).*

- **Lit mineur**

- **Le lit mineur** est bien individualisé, en particulier par la granulométrie grossière de son fond et ses limites sous forme de berges souvent sub-verticales et bien marquées (Masson *et al.*, 1996).

- **Lit moyen**

- **La principale difficulté de l'étude du lit moyen** est qu'il s'agit d'une forme discontinue le long du continuum fluvial et qu'il ne se retrouve pas sur tous les cours d'eau.

- Le lit moyen est une surface horizontale ou subhorizontale et qui, dans son détail, possède une topographie très irrégulière.
- **La végétation (ripisylve** : formations végétales (arbres, arbustes, herbes) bordant les cours d'eau. ) présente sur cette surface conditionne également les écoulements en augmentant la rugosité : Les buissons et les plantes herbacées empêchent le mouvement du courant.
- **Lits majeurs**
  - **Le lit majeur, en profil transversal**, est une surface horizontale ou subhorizontale séparée du lit moyen par un talus.
  - Sa morphologie est en général beaucoup plus simple que celle d'un lit moyen. Il n'est recouvert que par les crues les moins fréquentes et les courants qui atteignent cette surface sont généralement faibles.
  - La lame d'eau est donc bien moins importante que dans les lits moyen et mineur, ce qui ne permet pas le transport d'éléments grossiers.
  - D'une façon générale, le lit majeur est constitué d'éléments fins dus au dépôt des matières en suspension en fin de crue.
  - Ces sédiments rendent cette zone extrêmement fertile, qui était à l'origine habitée par la ripisylve. Toutefois, en raison de sa fertilité, le lit majeur a longtemps été systématiquement cultivé, éliminant presque totalement toute végétation naturelle..
- **Distinction entre lit majeur ordinaire et lit majeur exceptionnel (lit majeur standard et lit majeur hors norme) :**
  - **Le lit majeur exceptionnel**, tout comme le lit majeur ordinaire, est une surface horizontale ou subhorizontale constituée d'une formation fine, en général limono-argileuse. Se situant en position topographique supérieure, les courants qui l'affectent sont très faibles et les crues pouvant le submerger sont très rares.
  - **À la différence des lits majeurs ordinaires**, les lits majeurs exceptionnels sont rare et très discontinus.
  - Les plus larges, les moins discontinus et donc les mieux développés se situent en Tunisie (fig. 5), où leurs dépôts sont datés des inondations exceptionnelles de 1969 et de 1973 (Ballais, 1973 ; Fehri, 2003)

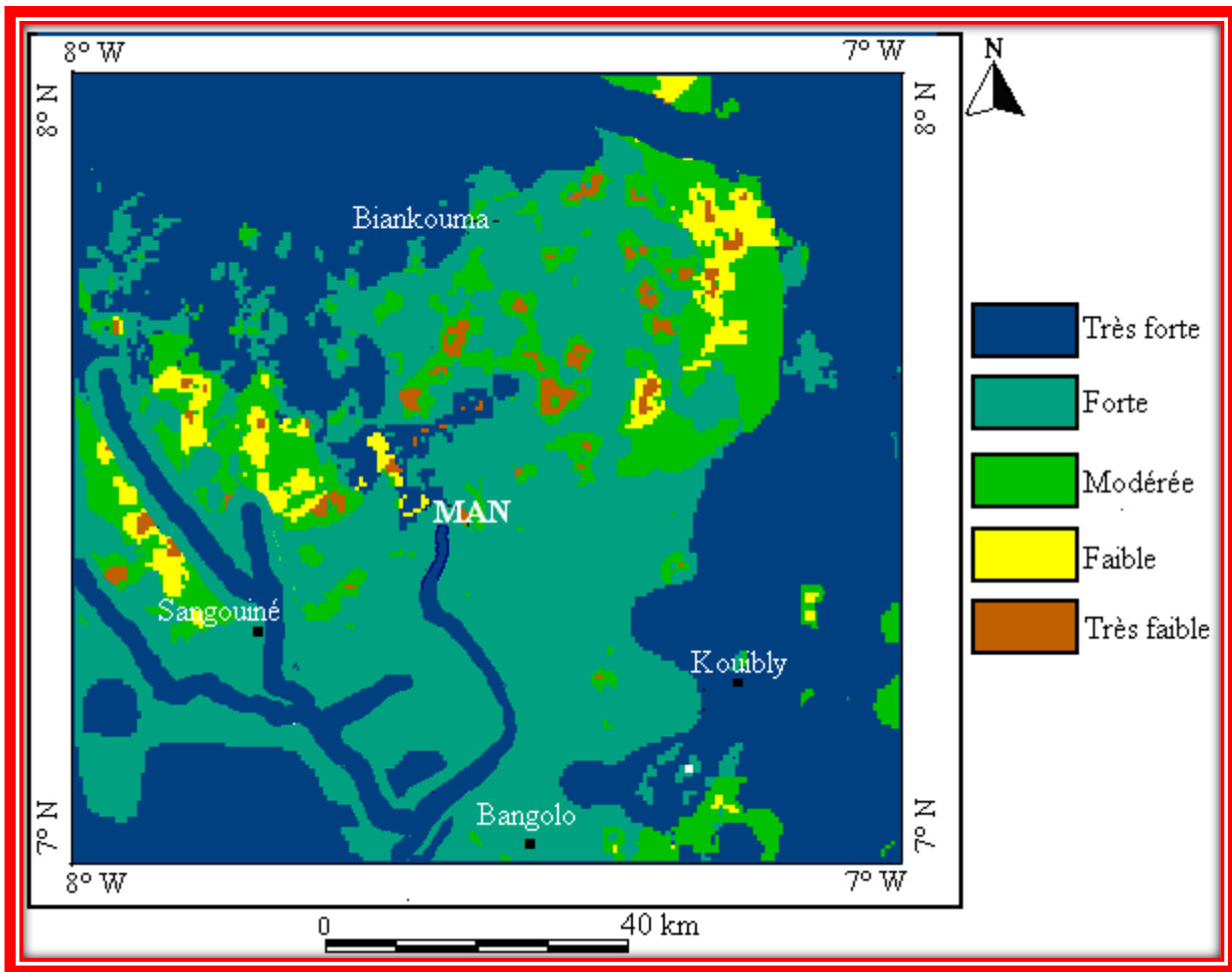


*Lit majeur exceptionnel de l'oued Batha (Tunisie).*  
*Exceptional major bed of the Batha wadi (Tunisia)*

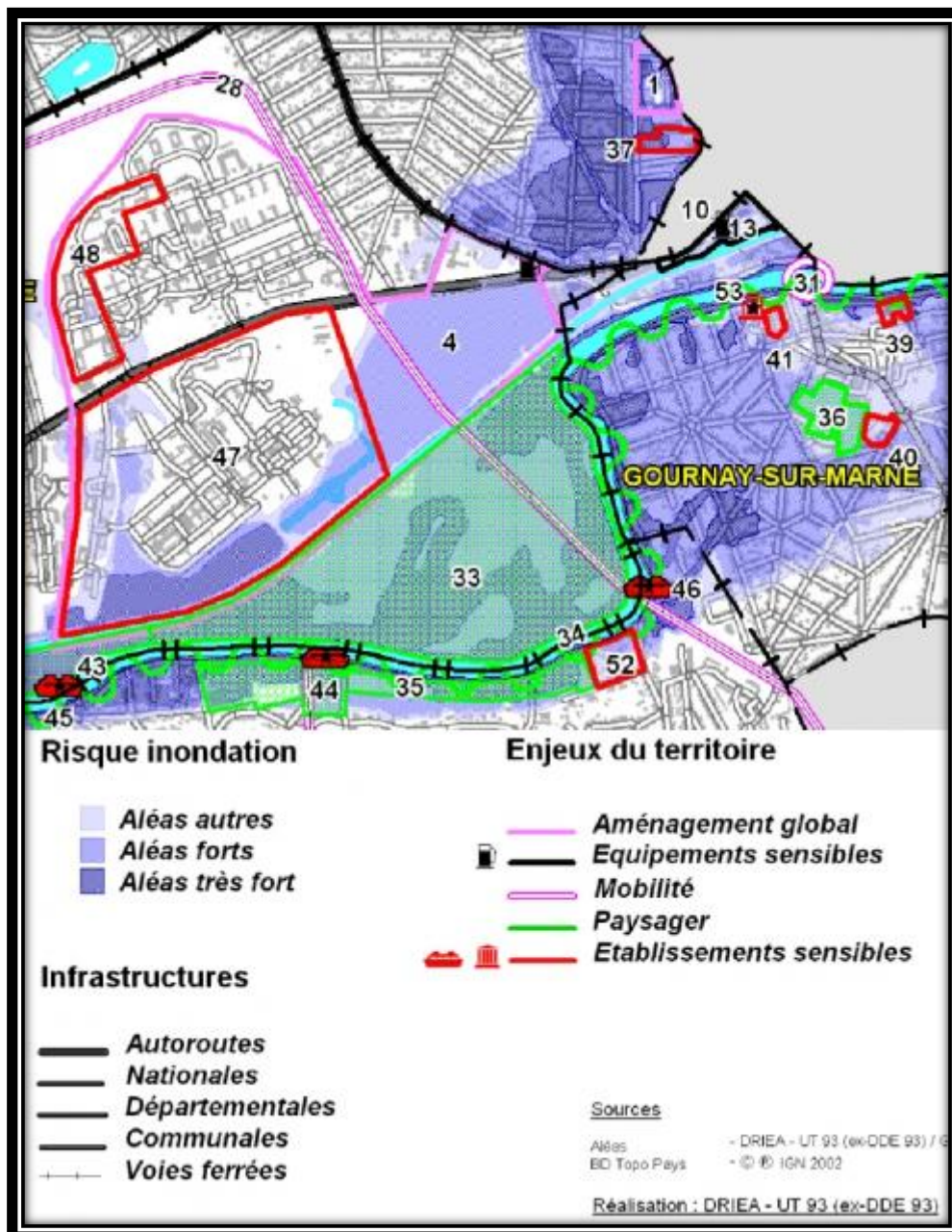
## **V. INONDATIONS : PRINCIPE DE CARTOGRAPHIE**

### **1- Établissement d'une carte de risque inondation :**

*L'établissement des cartes de risque d'inondation* se fonde sur la détermination, la simulation et la localisation des zones sujettes aux inondations (surface touchée, niveau d'eau, vitesse du courant), mises en relation avec les enjeux (infrastructures, population) afin de prévoir et de maîtriser le danger.



*Exemple d'une carte d'inondation :*



*Carte des enjeux : extrait du PPR inondation par débordement de la Marne, 2002.*

## 2- Critères et paramètres d'évaluation du risque inondation

- L'évaluation du risque inondation repose sur le croisement de l'aléa (probabilité et intensité) et de la vulnérabilité des enjeux (personnes, biens, environnement).
- **Les critères clés incluent** généralement :
  - la hauteur d'eau,
  - la vitesse du courant,
  - la durée de submersion
  - et la cinétique de crue,
- ✓ **tandis que la vulnérabilité** dépend :
  - de la densité d'occupation,
  - de la résistance des bâtiments et des réseaux.

ALEA	DEFINITION	CRITERES D'IDENTIFICATION
Elevé	Zones où les <b>vitesse de l'écoulement et/ou les hauteurs d'eau</b> peuvent être importantes lors des crues exceptionnelles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Ces zones correspondent principalement au <b>lit mineur</b> et à ses abords immédiats (berges instables).</li> <li>☞ fonds des ravines</li> </ul>
	Zones où il est envisageable que le <b>talweg principal</b> puisse changer de tracé et/ou évoluer dans son tracé (méandres).	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Le changement de tracé d'un cours d'eau peut se produire lors de <b>débordements importants</b> durant une crue exceptionnelle et/ou par suite d'accumulation ponctuelle importante d'embâcles et/ou d'apports solides (Débit solide)</li> </ul>
Moyen	Dans ces zones, les <b>vitesse et les hauteurs de submersion</b> pourront être faibles voire moyennes, la durée de submersion étant limitée.	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ zones de <b>débordement au niveau du lit majeur</b> lors des crues exceptionnelles</li> <li>☞ zones de stagnation des eaux pluviales avec hauteur de submersion relativement importante</li> </ul>
Modéré	Zones où les <b>vitesse d'écoulement</b> seront faibles voire nulles	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ zones de stagnation des eaux pluviales</li> <li>☞ zones inondées par remontée de nappe</li> </ul>
Faible à nul	<b>probabilité d'inondation</b> faible à nulle	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ zones hautes</li> <li>☞ zones en dehors du lit mineur ou majeur d'un cours d'eau</li> <li>☞ zones éloignées de la bordure littorale</li> </ul>