
Chapitre I - Généralité sur les inondations

Introduction :

La vie naturelle d'un cours d'eau est faite d'alternance entre les périodes de basses eaux et les périodes de hautes eaux. Lorsque celles-ci montent plus ou moins brutalement, on assiste à un phénomène d'inondation.

I-1- Les inondations :

I-1-1 Définitions

Une inondation correspond au débordement des eaux hors du lit mineur à la suite d'une crue.

C'est une submersion (rapide ou lente) d'une zone pouvant être habitée. Les eaux occupent alors le lit majeur du cours d'eau. Ce lit majeur peut être scindé en deux zones :

- **Zone d'écoulement**, au voisinage du lit mineur, où le tirant d'eau à de forte Vitesse.
- **Zone de stockage des eaux**, où la vitesse est faible. Ce stockage est fondamental, car il permet le laminage de la crue, c'est-à-dire la réduction de la montée des eaux à l'aval.

Une inondation correspond à la submersion d'une zone par de l'eau d'origine autre que le réseau d'eau potable ou que les eaux d'assainissement dans le cadre d'un fonctionnement normal du réseau.

La provenance des eaux peut donc être:

- Eaux de débordement d'un cours d'eau en crue, qui franchit les limites naturelles de son lit ou les protections élaborées par les hommes ;
- Eaux en provenance du réseau d'assainissement, lui-même inondé par la montée des eaux d'une rivière en crue ;
- Eaux de ruissellement sur les terrains avoisinant le site étudié ;
- Eaux en provenance de la remontée de la nappe phréatique ;
- Eaux issues de la rupture d'ouvrages ou d'embâcles (obstacles naturels). [1]

La crue est un phénomène naturel et saisonnier qui correspond à une élévation du niveau des eaux. Elle ne provoque pas de perturbations majeures lorsque son ampleur est modérée. Mais une crue est susceptible de présenter des risques lorsque le débit et le volume d'eau sont tels qu'il y a débordement par rapport au lieu d'écoulement habituel (le lit mineur):

On parle alors d'inondation. L'eau se répand dans les zones d'expansion des crues, qui correspondent au lit majeur du cours d'eau, souvent largement urbanisées. Il est donc très

important de bien différencier les notions de crue et d'inondation.

Le risque est souvent défini, comme étant le résultat du croisement de l'aléa et des enjeux.

On a ainsi : $ALEA \times ENJEUX = RISQUES$

a- L'aléa: est la manifestation d'un phénomène naturel (potentiellement dommageable) d'occurrence et d'intensité donnée.



Figure I-1 : Aspect De l'aléa.

b- Les enjeux : exposés correspondent à l'ensemble des personnes et des biens (enjeux humains, socio-économiques et/ou patrimoniaux) susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel.



Figure I-2 : Aspect De l'enjeu.

c- Le risque : est la potentialité d'endommagement brutal, aléatoire et/ou massive suite à un événement naturel, dont les effets peuvent mettre en jeu des vies humaines et occasionner

des dommages importants. On emploie donc le terme de « risque » uniquement si des enjeux (présents dans la zone) peuvent potentiellement être affectés par un aléa (dommages éventuels).



Figure I-3 : Aspect Du risque.

***Le risque majeur** est caractérisé par une faible fréquence et un fort degré de gravité. Par leur nature ou leur intensité, ses effets dépassent les parades mises en œuvre par la société qui se trouve alors menacée. [2]

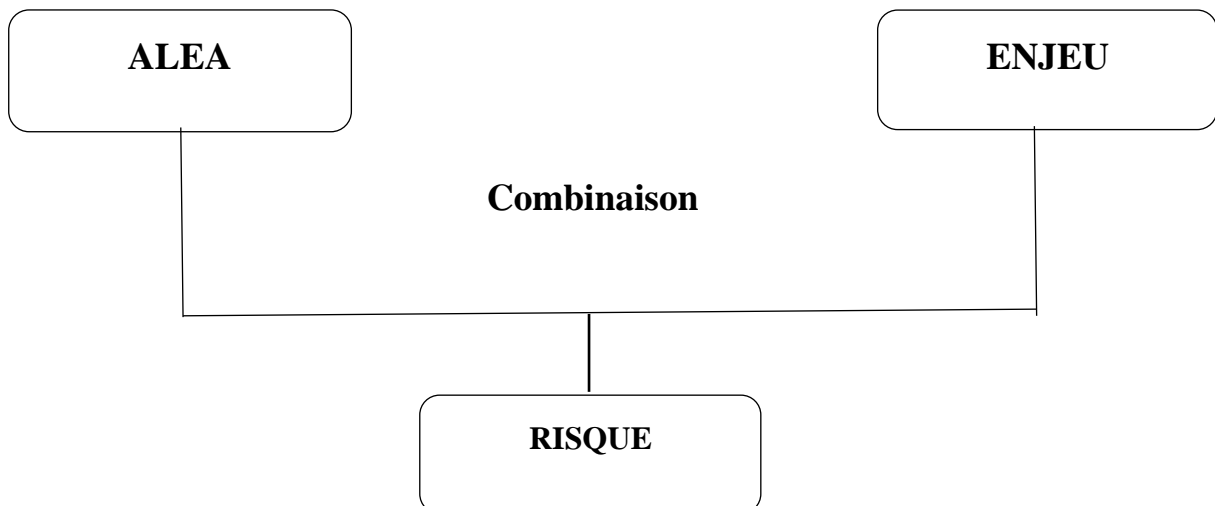


Figure I-4 : Définition du risque.

I-2 Typologie des crues : [3]

Une crue se définit par différents critères : sa genèse, sa durée, sa fréquence, son débit de pointe (ou débit maximum) et son volume. Les crues peuvent être classées en trois grands types en fonction de leur importance et l'intervalle de récurrence :

- **Les crues décennales** sont des crues moyennes à fortes (statistiquement, chaque année, il y a une chance sur dix pour qu'un tel événement se produise ou soit dépassé).
- **Les crues centennales** sont des crues fortes à très fortes (statistiquement, chaque année, il y a un risque sur cent pour qu'un tel événement se produise ou soit dépassé).
- **Les crues milléniales** sont des crues exceptionnelles (statistiquement, chaque année, il y a une chance sur mille pour qu'un tel événement se produise ou soit dépassé).

I- 3- Les différents types des crues : [4]

Une crue se définit par différents critères : sa genèse, sa durée, sa fréquence, son "débit de pointe", son volume. Elle se caractérise par son hydrogramme, graphique qui représente les variations de débit en un point en fonction du temps. On distingue deux grands types de crues :

I- 3-1- Les crues océaniques :

Elles sont provoquées par des précipitations réparties sur plusieurs jours ou semaines, mais d'intensité modeste, et/ou parfois par la fonte des neiges. La montée des eaux et la décrue sont lentes, progressives et donc facilement prévisibles. La durée des hautes eaux varie de plusieurs jours à quelques semaines selon la taille du bassin d'alimentation du cours d'eau et la durée des précipitations.

I-3-2- Les crues torrentielles :

Elles résultent des précipitations de type orageux. Elles durent entre quelques minutes à quelques heures et se produisent très vite après les pluies. Ces crues, plus fréquentes dans les zones à relief accidenté et dans les régions à climat méditerranéen ou tropical.

*** Conséquences :**

- Des éléments solides charriés par les eaux.
- Une montée des eaux rapide (débit et vitesse importants).
- Des durées de submersion courte.

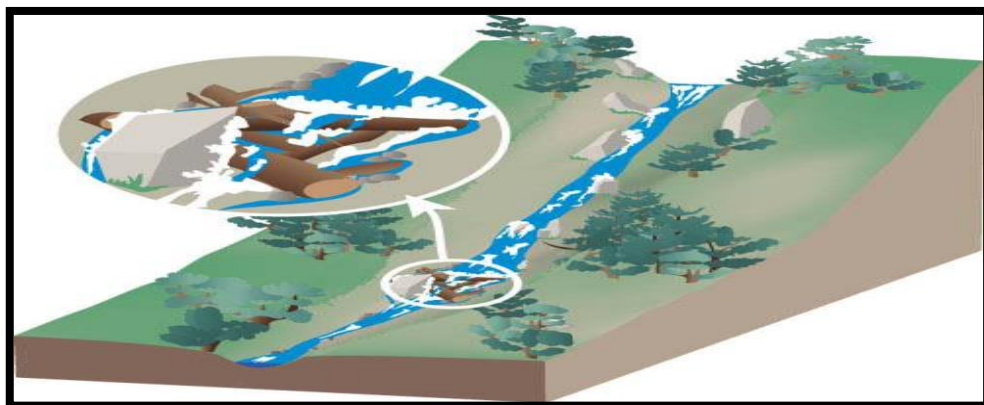


Figure I-5: Embâcle sur un torrent

I-4- Éléments descriptifs d'une crue : [5]

Les éléments descriptifs d'une crue simple sont :

- **Temps de concentration** : durée nécessaire à l'eau tombée dans les régions les plus éloignées pour atteindre l'exutoire du bassin touché par la crue.
- **Pointe de crue** : puissance de la crue et durée de la période critique.
- **Courbe de tarissement** : retour de la rivière au niveau antérieur à la crue.
- **Fréquence de crue** : une crue centennale a chaque année 1 chance sur 100 de se produire.

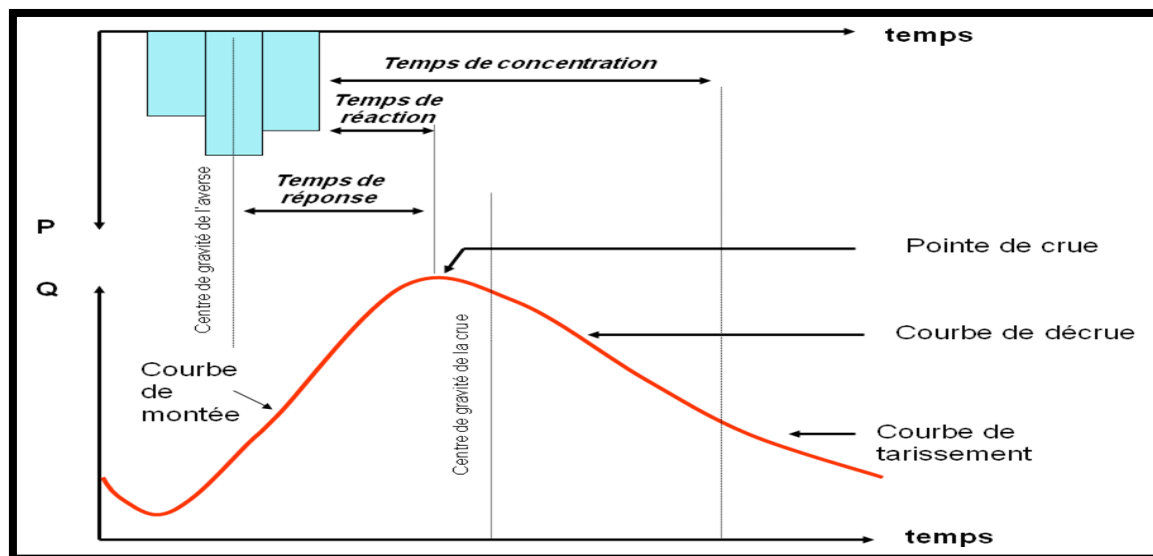


Figure I-6 : Éléments descriptifs d'une courbe de crue simple

I-5- Type des inondations: [6]

Une inondation peut être également décrite par sa genèse, par la hauteur d'eau moyenne ou maximale, la superficie de l'aire inondée et la durée de submersion (Glossaire International d'Hydrologie, Association Internationale des Sciences hydrologiques-AISH, Dictionnaire Français d'Hydrologie). En plus des inondations accidentelles liées aux ruptures d'ouvrages (barrages et retenues collinaires). On distingue plusieurs types d'inondations :

I-5- 1- Les inondations de plaine :

Elles sont générées par des crues lentes et progressives (l'eau monte de quelques centimètres par heure). Elles se produisent souvent après une longue période de pluies, lorsque les sols sont saturés d'eau, plutôt durant la période des hautes eaux (en hiver). Elles ne créent pas de danger pour les vies humaines, sauf en cas d'imprudence (noyade de petits enfants dans les dépressions, dérapage de véhicules etc.), mais peuvent s'étaler sur plusieurs semaines, et occasionner des dégâts très importants (interruption des communications, dommages aux biens et aux activités).

***Conséquences :**

- Une montée des eaux généralement longue.
- Une durée de submersion pouvant atteindre quelques semaines.
- Des dommages principalement dus à la durée de submersion et aux hauteurs d'eau.
- Un délai d'alerte supérieur à la journée.

I-5-2- Les inondations par ruissellement : [7]

Ce type d'inondation peut se produire en tout point de la zone inondable suite à des pluies particulièrement abondantes (pluies orageuses) ou à des infiltrations dans les habitations construites dans le lit majeur des cours d'eau. Dans les zones urbanisées, les sols imperméabilisés ne permettent pas à l'eau de percoler. Les eaux de pluie ruissellent, s'accumulent dans les points bas, saturent les réseaux d'évacuation, en partie colmatés par la boue, entraînant une remontée d'eaux par les égouts. Elles ont pour conséquence la submersion de la voirie et des constructions.

*** Conséquences :**

- Une accumulation des eaux dans les points bas pouvant stagner pendant quelques jours.
- Un ruissellement pluvial pouvant réactiver de petits cours d'eaux temporaires.
- Des dommages dus à la violence du courant, à la durée de submersion et à une forte érosion.
- Un délai d'alerte court.



Figure I-7 : Inondations par ruissellement pluvial

I-5-3- Les inondations par remontée de nappe :

Ce phénomène correspond à une inondation par débordement indirect. Il se manifeste par la remontée de la nappe phréatique qui affleure en surface et/ou d'une intrusion d'eau dans les différents réseaux d'assainissement.

La crue de la rivière empêche l'évacuation des eaux et crée des flaques isolées qui peuvent subsister quelques semaines



Figure I-8 : Inondation par remontée de nappe phréatique

I-5-4- Inondation par rupture d'une protection : [8]

L'inondation consécutive à une rupture de digue est un phénomène très brutal et d'autant plus dommageable que le site étudié est proche de la digue. Une rupture peut provoquer l'entrée d'un mur d'eau de plusieurs mètres de haut. Il est très difficile de prévoir la rupture d'un ouvrage de protection, ce qui rend la prévention de ce type d'accident particulièrement incertaine.

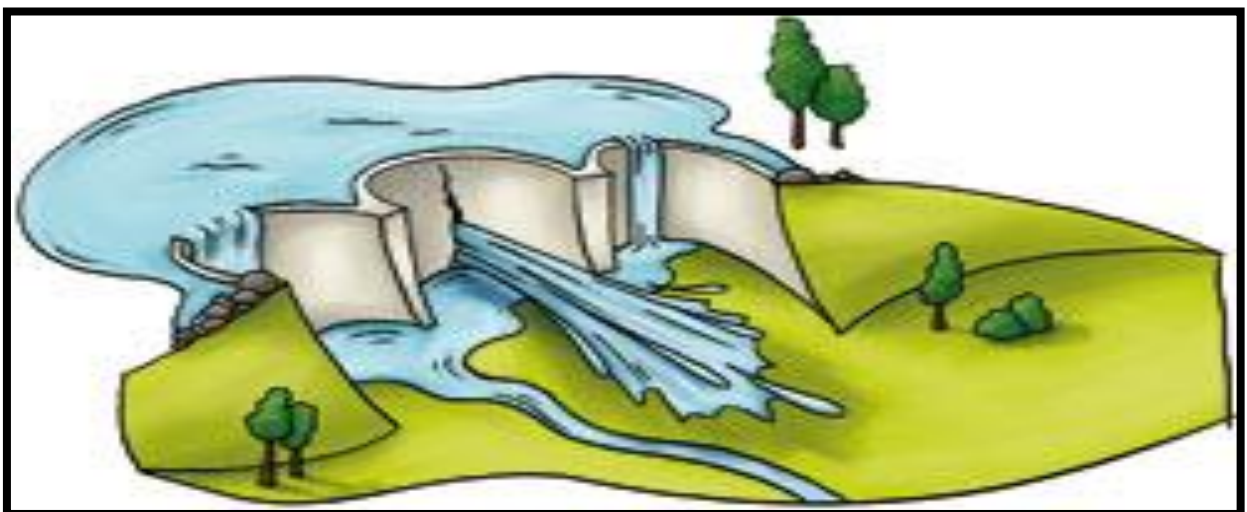


Figure I-9: Rupture d'une protection

I-5-5- La submersion de zones littorales:

La submersion marine est définie comme une inondation temporaire de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (forte dépression et vent de mer) et marégraphiques (marées et tempêtes de marée) sévères provoquant des ondes de tempête. (MEEDAT, 1997). Les submersions envahissent généralement les terrains situés en dessous du niveau des plus hautes mers mais atteignent aussi parfois des altitudes supérieures si des projections d'eaux marines franchissent des ouvrages de protection. Les submersions marines peuvent durer quelques heures à quelques jours.

I-6- Les paramètres d'une inondation : [9]**I-6-1- Le débit :**

Le débit est un des paramètres caractéristiques d'une crue. C'est la quantité d'eau qui s'écoule en un point donné du cours d'eau. Qui s'écoule en un point donné du cours d'eau. Il s'exprime en m^3/s .

Le débit d'un cours d'eau varie en fonction de la hauteur d'eau, de la surface transversale à une section donnée de ce cours d'eau et de la vitesse d'écoulement.

Ainsi, l'augmentation de débit d'un cours d'eau entraîne celles de la vitesse d'écoulement d'eau et de la hauteur du plan d'eau au point considéré.

I-6-2- La vitesse d'écoulement :

La vitesse d'écoulement est mesurée, en un point donné, pour une inondation, au paroxysme du phénomène. Le courant peut atteindre des vitesses telles qu'il peut entraîner des objets d'une taille, voire des personnes. Il augmente également le risque d'érosion des berges. En mettant en pression dynamique les constructions. Il peut les fragiliser, les endommager ou les détruire.

I-6-3- La hauteur de submersion :

La hauteur de submersion est mesurée, pour une crue donnée, lors du maximum de cette crue. Elle est représentative des risques pour les personnes (noyades) et pour les biens, par endommagement direct (action de l'eau) ou indirect (par mise en pression statique).

La laisse d'inondation est la laissée par le niveau des eaux les plus hautes : les dégradations sont fonction de la durée, de la hauteur de submersion et de la vitesse d'écoulement.

I-6-4- La durée de submersion :

La durée de submersion représente la durée approximative pendant laquelle une surface donnée de terrain reste inondée.

Cette durée peut varier de quelques heures à plusieurs mois.

I-6-5- La fréquence et la période de retour :

Grâce à l'analyse des crues historiques (dates, secteurs concernés, débits, laisses), on procède à une classification des crues en fonction de leur fréquence (probabilité qu'un événement a d'apparaître chaque année ou nombre moyen d'événements similaires se produisent pendant une période donnée à un endroit t donnée).

A l'inverse, la période de retour est l'intervalle moyen de temps séparant des événements similaires (crues d'intensité comparable, en débits ou hauteurs, ou en couple débit- hauteur), lorsqu'on observe les événements à l'échelle de plusieurs siècles. Ainsi, la crue centennale est une crue de forte amplitude qui chaque année, a une probabilité sur cent de se produire.

Le risque de dépasser au moins une fois une crue de période de retour T au cours d'un nombre d'années n :

$$R = 1 - (1 - (1/T))^n$$

I-7- Les facteurs aggravants : [10]

Le déroulement de l'inondation peut être perturbé par des phénomènes plus ou moins artificiels et souvent aléatoires, qui sont d'autant plus gênants qu'ils viendront aggraver l'aléa, en augmentant les hauteurs et durée de submersion ou les vitesses.

Lorsque c'est possible il convient d'apprécier les circonstances particulières susceptibles d'aggraver les effets de la seule montée des eaux.

Les phénomènes évoqués ci –dessous sont des exemples de facteurs aggravants, et ne constituent pas une liste exhaustive.

Il convient donc de s'interroger sur les particularités du site étudié et de son environnement pour évaluer la potentialité de tels phénomènes aggravants.

I-7-1 Défaillance des dispositifs de protection :

Le rôle des dispositifs de protection (digues, déversoirs...) peut être limité, comme en ont témoigné les inondations dans le passé.

Leur comportement et leur efficacité sont fonction de leur mode de construction, de la qualité de leur gestion et de leur entretien, ainsi que de la crue de référence pour laquelle ils ont été dimensionnés.

La rupture ou la submersion d'en char digue peut, dans certaines circonstance, exposer davantage la plaine alluviale aux inondations que si elle n'était pas protégée.

En particulier, le déferlement d'eau ajoute un phénomène aggravant sur une bande de terrain proche de l'ouvrage.

I-7-2 Le transport et dépôt de produits indésirables :

L'inondation prend en charge puis abandonne sur son parcours des produits polluants, des matières toxiques ou des germes pathogènes. Ces produits sont particulièrement abondants

en zones urbaines ou industrielles, et justifient des précautions particulières.

I-7-3 Phénomènes d'embâcles et de débâcles:

Sur certaines rivières et/ ou dans certaines configurations, il peut se produire des embâcles, c'est –à-dire des amoncellements de matériels (arbres déracinés, voitures emportées, glace)

Au niveau d'un rétrécissement du cours d'eau, qui provoque momentanément une retenue d'eau à l'amont.

Lorsque ces embâcles cèdent (débâcles), la rupture provoque la décharge violente d'une grande quantité d'eau et corps flottants. A l'aval, caractéristiques de l'inondation changent brutalement (accélération Du courant, brusque montée des eaux, transport solide), et ceci de manière difficilement prévisible.

I-7-4 La surélévation de l'eau en amont des obstacles :

Tout obstacle à l'écoulement (pont, remblai, mur) provoque une surélévation de l'eau en amont et sur les cotés, qui est d'autant plus grande que l'obstacle intercepte une section importante de l'écoulement.

1-8- Les inondations en Algérie : un phénomène récurrent : [11]

- **Azazga (Tizi Ouzo):** le 12 octobre 1971, et qui ont occasionné 40 morts et des centaines d'habitations détruites.
- **Tizi Ouzo:** du 28 au 31 mars 1974, et qui ont provoqué 52 décès, 18000 sinistrés et des dégâts évalués à l'époque à 27 millions de DA.
- **El Eulma (Sétif):** le 1er septembre 1980, qui a fait 44 décès.
- **Alger (Bab-El-Oued):** le 10 novembre 2001, et qui ont fait 710 décès, 115 disparus et 30 milliards de DA de pertes.



Figure I-10 : Alger - Bab el Oued (à la recherche de biens récupérables)

Source : GIOVANOLA et HERITIER, 2002

- **Annaba:** le 11 novembre 1982, au niveau du centre-ville et qui ont fait 26 morts et 9500 sinistrés
- **Jijel:** le 29 décembre 1984, et qui ont occasionné 29 morts et 11000 sinistrés.
- **Bordj Bou Arreridj:** le 23 septembre 1994, et qui ont provoqué 16 décès et des dégâts évalués à 10.000.000 DA.
- **Ghardaïa:** le 03 octobre 2008. Les récentes inondations qui ont touché la région de Ghardaïa (600 km au sud d'Alger) ont causé des dégâts estimés à près de 250 millions d'euros. Ces intempéries ont fait 34 morts, 89 blessés et un disparu.



Figure I-11 : Les inondations dans la willaya de Tarf

- **El Tarf** : Le 22 février 2012, les inondations ont touché la région de Tarf
- (Nord-est d'Algérie) ont causé des dégâts estimés à près de 550 millions de dinars. Ces dégâts ont affecté près de tiers de la superficie agricole, soit 24000 hectares; et plus de 3000 fellahs victimes des inondations. Le bilan des victimes des inondations qui ont frappé 18 communes est 26 décès et de 4000 habitant sinistrés.

- **Les inondations de Décembre 1984 à Skikda :**

Qualifiées d'exceptionnelles, les inondations du 28 au 31 Décembre 1984 ont été parmi les plus graves enregistrées après celles de Novembre 1957 (photos 2 et 3) durant lesquelles la plupart des records de pluviosité ont été battus dans le bassin de l'oued Saf Saf (172.3 mm en 24 heures à Zardezas, 137.5 mm à Ramdane Djamel et 100 mm à Skikda).



Figure I-12 : Les inondations de novembre 1957 (centre ville de Skikda)
(Allées vers le stade du 20 Août) Source : <http://ecolericade.free.fr/inond.htm>



Skikda (ex Phillipeville)
Inondations de Novembre 1957

Figure I-13 : Skikda – inondations de Novembre 1957
(Entrée Ouest de la ville en provenance de Stora) Source : <http://ecolericade.free.fr/inond.html>

Les inondations de 1984 ont été également engendrées par des pluies abondantes et continues sur plusieurs jours. Les précipitations quotidiennes maximales ont atteint 137 mm à

Zardezas, 97.6 mm à El Harrouch et 111.2 mm à Ramdane Djamel (archives de l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique-ANRH). Ces pluies exceptionnellement fortes ont été à l'origine de la montée, et par la suite, du débordement des eaux de l'oued Saf-Saf et ses principaux affluents à l'aval du barrage.



Figure I-14 - Skikda – inondations du 28 au 31/12/1984

(Allées: évacuation des personnes à l'aide de zodiacs). Source: un amateur, 1984

I-9- Éléments de base en hydrologie: [10]

I-9-1- Bassin versant : Un bassin versant est un territoire délimité par des frontières naturelles appelées "lignes de partage des eaux" ou "lignes de crête". Chaque bassin versant draine un cours d'eau principal souvent accompagné de plusieurs affluents. Ainsi, chaque goutte de pluie qui tombe sur ce territoire va rejoindre la rivière soit par écoulement de surface, soit par circulation souterraine après infiltration dans le sol.

Le bassin versant correspond donc à la surface d'alimentation d'un cours d'eau.

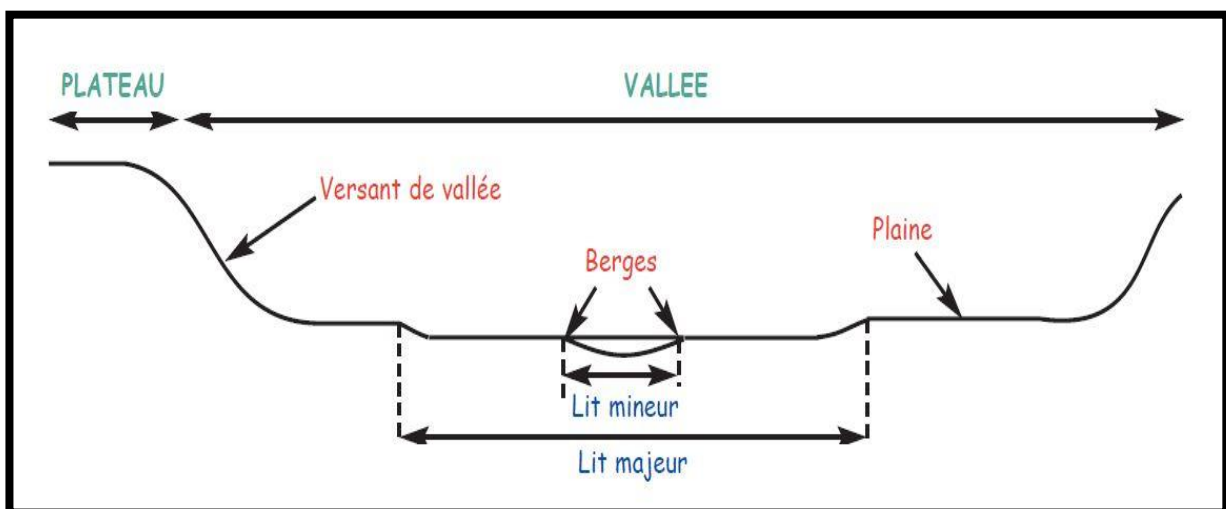


Figure I-15 : Délimitation du bassin versant

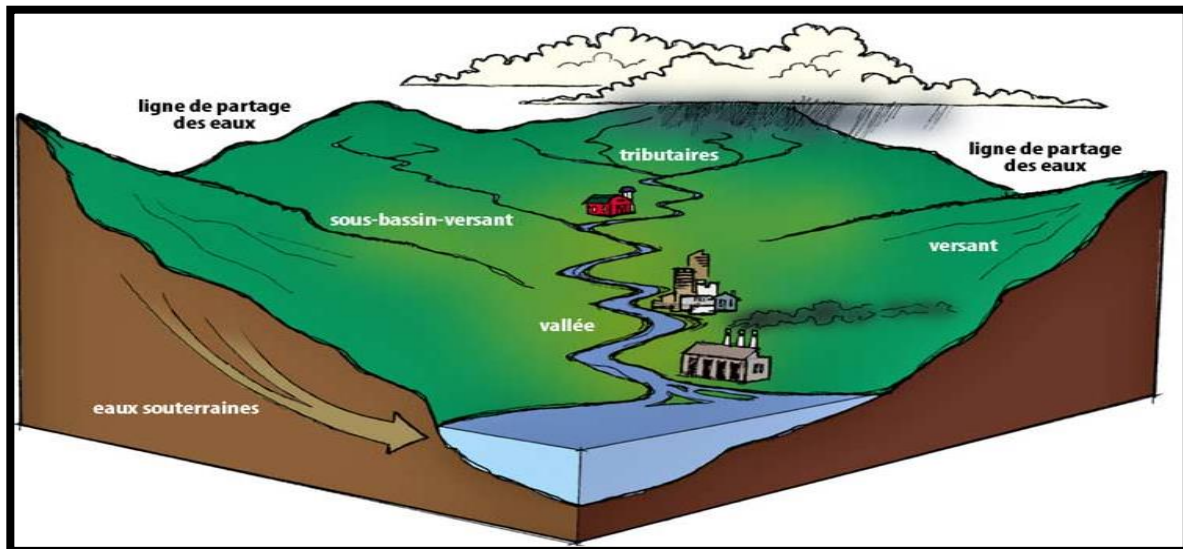


Figure I-16 : Coupe transversale d'un bassin versant

Ce sont les rivières qui, par le processus de l'érosion, vont décomposer le bassin versant en plusieurs parties : les plateaux, les vallées et les plaines où l'on distingue les lits mineur et majeur des cours d'eau.

- a) **Lit mineur** : Il est représenté par l'espace fluvial formé d'un chenal unique ou de chenaux multiples et de bancs de sables et/ou galets, recouverts par les eaux coulant à pleins bords avant débordement. Un cours d'eau s'écoule habituellement dans son lit mineur (basses eaux et débit moyen annuel).



Figure I-17 : Lit mineur

- b) **Lit majeur** : C'est l'espace situé entre le lit mineur et la limite de la plus grande crue historique répertoriée.

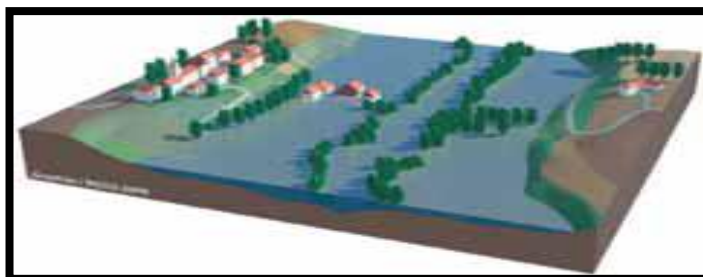


Figure I-18 : Lit majeur

La délimitation d'un bassin versant est difficile à mettre en œuvre. En effet, il faut tenir compte des écoulements de surface mais également des écoulements souterrains.

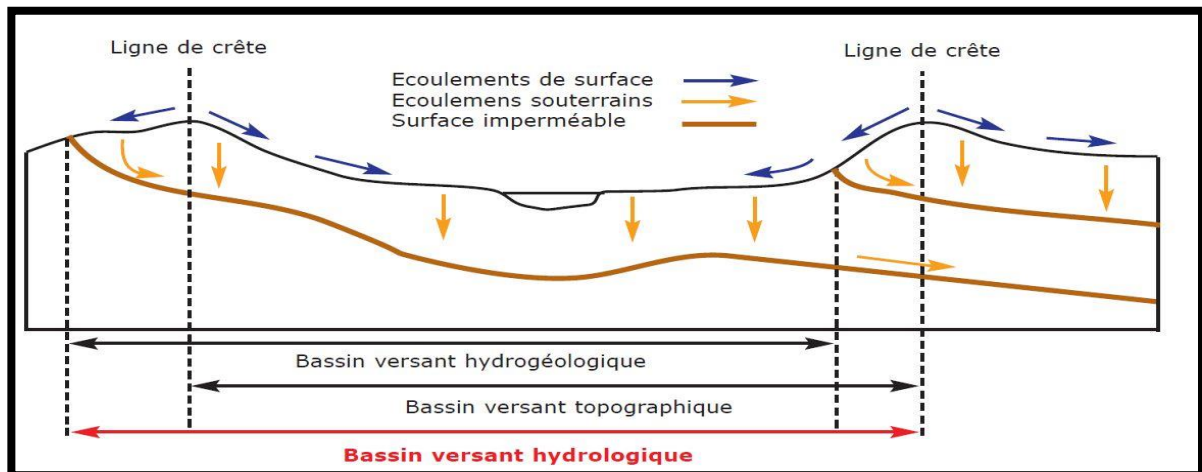


Figure I-19 : Les trois types de bassins versants

- c) **Le bassin versant topographique** : est déterminé par les écoulements de surface. Par conséquent, les frontières de ce bassin versant sont les lignes de partage des eaux. Cependant, selon la géologie du terrain, il se peut que des eaux, qui en surface semblent rejoindre un bassin versant voisin, s'infiltrer et reviennent alimenter le bassin versant initial (présence d'une couche imperméable). On parle alors d'un **bassin versant hydrogéologique** dont les limites sont les structures géologiques imperméables.
- d) **Le bassin versant hydrologique** (bassin versant réel) est donc la somme de ces deux bassins versants (topographique + hydrogéologique).
- e) **Rivière** : d'une manière générale, chaque cours d'eau (la rivière principale et ses affluents) va collecter les eaux de pluies tombées sur le territoire du bassin versant. Lorsque les pluies sont abondantes et/ou durables, les volumes d'eau arrivant dans la rivière sont plus importants ce qui entraîne l'augmentation de son **débit**, l'accélération de la vitesse d'écoulement et/ou l'augmentation de la hauteur de la lame d'eau au point considéré.

I-9- Paramètres nécessaires pour évaluer l'aléa :

Les principaux paramètres nécessaires pour évaluer l'aléa sont :

- la période de retour des crues.
- la hauteur et la durée de submersion.
- la vitesse d'écoulement.
- la torrentialité du cours d'eau.

La possibilité d'apparition d'une crue dépend de nombreux paramètres, autres que la quantité de pluie tombée : répartition spatiale et temporelle des pluies par rapport au bassin versant, évaporation et consommation d'eau par les plantes, absorption d'eau par le sol,

infiltration dans le sous-sol ou ruissellement ... et pour une même quantité précipitée, la crue apparaîtra ou non.

I-10- Effets des inondations sur la santé humaine : [11]

Les effets sanitaires se répartissent en trois catégories, selon le moment où ils surviennent :

- Effets survenant durant ou immédiatement après l'inondation.
- Effets se développant dans les jours voir les premières semaines suivant l'inondation.
- Effets à plus long terme, susceptibles d'apparaître après des mois ou des années et/ou durant des mois voir des années.

Toutes ces catégories peuvent se subdiviser en effets directs et indirects sur la santé.

<i>Effets directs</i>	
<i>Causes</i>	<i>Conséquences pour la santé</i>
Rapidité d'écoulement des eaux, caractéristiques topographiques, absence d'alerte préalable, hauteur atteinte par des eaux, glissements de terrain, comportements à risque, eaux s'écoulant rapidement et charriant des blocs de pierre et des arbres	Noyade, blessures
Contact avec l'eau	Maladies respiratoires, hypothermie, arrêt Cardiaque
Contact avec des eaux polluées	Blessures infectées, dermatites, conjonctivites, maladies gastro-intestinales, infections ORL, maladies graves d'origine hydrique
Augmentation du stress physique et émotionnel	Risque accru de troubles psychosociaux et d'incidents cardiovasculaires
<i>Effets indirects</i>	
<i>Causes</i>	<i>Conséquences pour la santé</i>
Dégâts subis par les systèmes d'approvisionnement en eau, les systèmes d'épuration et le réseau d'égouts, approvisionnement insuffisant en eau potable, approvisionnement insuffisant en eau pour la toilette	Éventuelles infections d'origine hydrique (E. coli entéropathogène, Shigella, hépatite A, leptospirose, giardias, campylobactériose), dermatites, conjonctivites
Perturbation dans les systèmes de transport	Pénurie d'aliments, gêne pour les secours d'urgence
Domages causés aux conduites souterraines, aux réservoirs de stockage, inondations de sites abritant des déchets toxiques, produits chimiques et des réservoirs contenant du pétrole.	Effets potentiels aigus ou chroniques dus à une pollution chimique
Eaux stagnantes, expansion des habitats des vecteurs de maladie	Maladies transmises par vecteurs
Migration des rongeurs	Éventuelles maladies transmises par les rongeurs
Désorganisation des réseaux sociaux ; pertes des biens, de l'emploi et d'êtres chers (membres de la famille et amis)	Éventuels troubles psychosociaux
Activités de nettoyage après l'inondation	Électrocution, blessures, lacérations, perforations
Destruction des produits alimentaires de base	Pénurie alimentaire

Tableau I-1 : Effets sanitaires des inondations ^[7]

Conclusion

Enfin, l'inondation est considérée comme un événement climatique extrême. Souvent qualifiée de risque naturel, elle est lourde de conséquences (pertes humaines, sociales, économiques et environnementales) tant pour les pays développés que pour les nations en développement bien que tous ne soient pas affectés de la même manière. La capacité à gérer l'impact de l'inondation varie également d'un pays, d'une région, d'une communauté et d'un groupe de population à l'autre.