

LA REPONSE HYDROLOGIQUE

I. Introduction

Le chapitre précédent nous a donné l'occasion de décrire les principaux processus intervenant dans la génération des écoulements sur un bassin versant. Cependant, les tâches de l'ingénieur hydrologue et du chercheur ne s'arrêtent pas ici car il reste à comprendre les relations qui existent entre l'impulsion ou la sollicitation - sous forme de précipitations – reçue par le bassin et sa réponse hydrologique se traduisant à l'exutoire de ce dernier par une variation temporelle de débit.

1-1-LA REPONSE HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT

La manière dont réagit le bassin lorsqu'il est soumis à une sollicitation se nomme **réponse hydrologique**. Celle-ci peut être nulle (absence de modification de l'écoulement ou absence de crue) ou positive (écoulement modifié ou crue).

De plus, la réponse hydrologique peut-être caractérisée spatialement en étant **rapide** ou **retardée**, temporellement en étant **totale** ou **partielle**.

Rapide- La réponse rapide est imputable aux écoulements de surface ou, par exemple, à un effet piston, ou encore à l'effet de la macroporosité du sol.

Retardée - C'est notamment le cas lorsque la réponse hydrologique est due principalement aux écoulements souterrains.

De plus, la réponse peut être différenciée selon que cette dernière est :

Totale- Dans ce cas, la réponse hydrologique est composée à la fois par des écoulements de surface et souterrains.

Partielle - c'est à dire lorsque la réponse est la résultante d'un ou l'autre des processus décrit précédemment Le rôle de l'ingénieur est donc d'une part d'identifier les processus hydrologiques et leur part respective intervenant dans la réponse du bassin versant et, d'autre part, les modalités du passage de l'impulsion pluviométrique à la réponse hydrologique. La question qui se pose alors est de comprendre et interpréter les mécanismes de transformation de la pluie à l'hydrogramme de crue.

Effet piston

Parmi les analyses du processus des écoulements de subsurface, visant à expliquer la forte proportion d'eau ancienne dans l'hydrogramme de crue, certains auteurs ont supposé l'existence d'un mécanisme de transmission quasi instantanée d'une onde de pression. Ce mécanisme, nommé "*effet piston*", suppose qu'une impulsion d'eau reçue par le versant est transmise à l'aide d'une onde de pression vers l'aval, provoquant une exfiltration³ immédiate en bas de versant. Ce phénomène peut s'expliquer par analogie avec une colonne de sol saturée sur laquelle on applique une charge d'eau. L'eau se déplace sous l'effet de la gravité en chassant celle qui se trouve à l'autre extrémité de la colonne. Dans ce type d'explication, il faut alors distinguer la vitesse "fictive" de l'eau dans le sol qui est relativement lente et qui détermine le temps moyen de transit de l'eau sur le versant de la vitesse de propagation de l'onde de pression qui peut exprimer la vitesse de réaction du bassin versant.

Malgré la simplicité de cette explication, "l'effet piston" est limité par le fait qu'une impulsion d'une certaine quantité d'eau ne s'accompagne d'une exfiltration équivalente (ou presque) que dans les cas où le sol présente une capacité de stockage très faible.

Définition d'un macropore

La définition du macropore dépend d'une part d'arbitraire quant au choix d'une taille effective ainsi que de l'expérience pratique que l'on a sur le terrain. D'autre part, l'analogie du comportement de l'eau dans le sol avec celui d'un ensemble de capillaires devient discutable dès lors que la porosité augmente. Ceci implique qu'il peut être pertinent de classer les types de pores selon la conductivité hydraulique et non plus uniquement selon des critères dimensionnels (par exemple le diamètre équivalent), bon nombre d'études ayant montré à ce jour que le critère de la taille n'était pas suffisant pour effectuer un classement des types de porosité du sol.

Pour terminer, on peut encore mentionner une définition relativement facile à mémoriser : un macropore est un pore où les phénomènes de capillarité sont inexistant

TRANSFORMATION DE LA PLUIE EN HYDROGRAMME DE CRUE

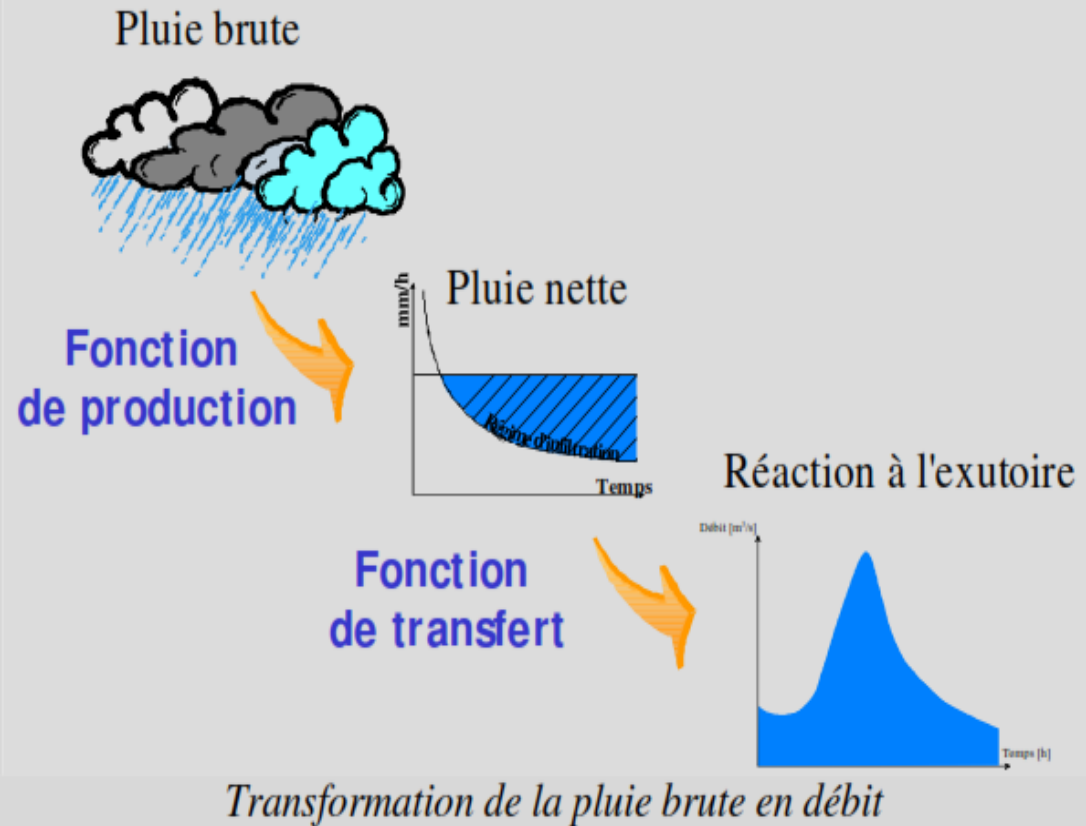
La transformation de la pluie en hydrogramme de crue se traduit par l'application successive de deux fonctions, nommées respectivement fonction de production et fonction de transfert :

- **Fonction de production :**

Elle permet de déterminer la **pluie nette** à partir de la **pluie brute**. La pluie nette est la fraction de pluie brute participant totalement à l'écoulement.

- **Fonction de transfert :**

La fonction de transfert permet de déterminer l'**hydrogramme** de crue résultant d'une pluie (souvent considérée comme la **pluie nette**).



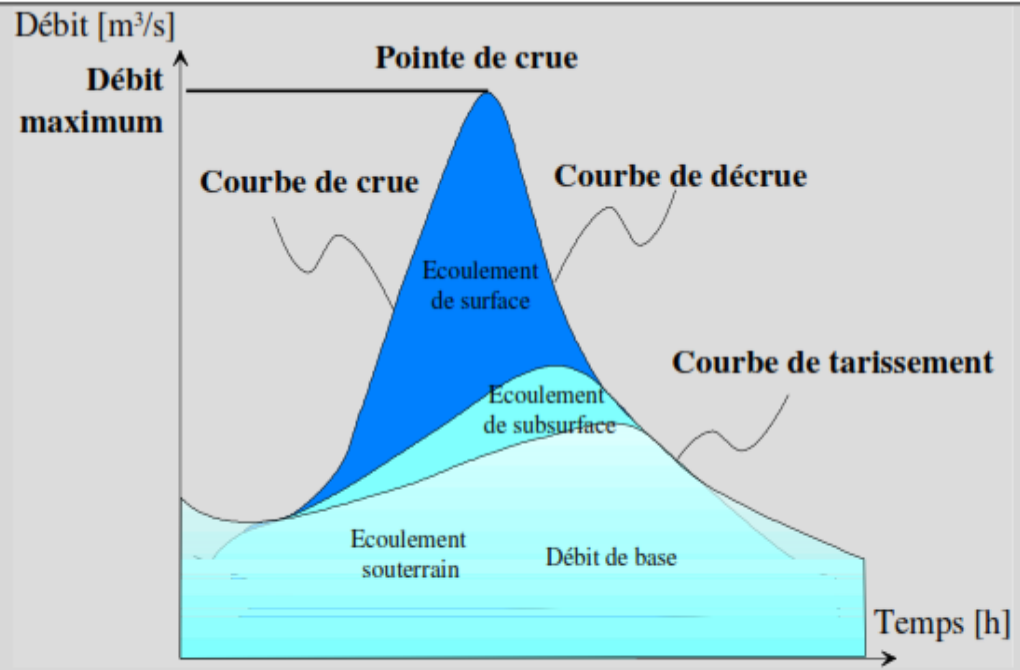
ANALYSE DES EVENEMENTS PLUIES-DEBITS

L'analyse des événements pluies-débits requiert la connaissance d'un certain nombre d'éléments caractéristiques de la crue (forme et durées caractéristiques).

Une averse, définie dans le temps et dans l'espace, tombant sur un bassin versant de caractéristiques connues, et dans des conditions initiales données, provoque à l'exutoire du bassin considéré un hydrogramme défini.

La forme de l'hydrogramme de crue se caractérise par :

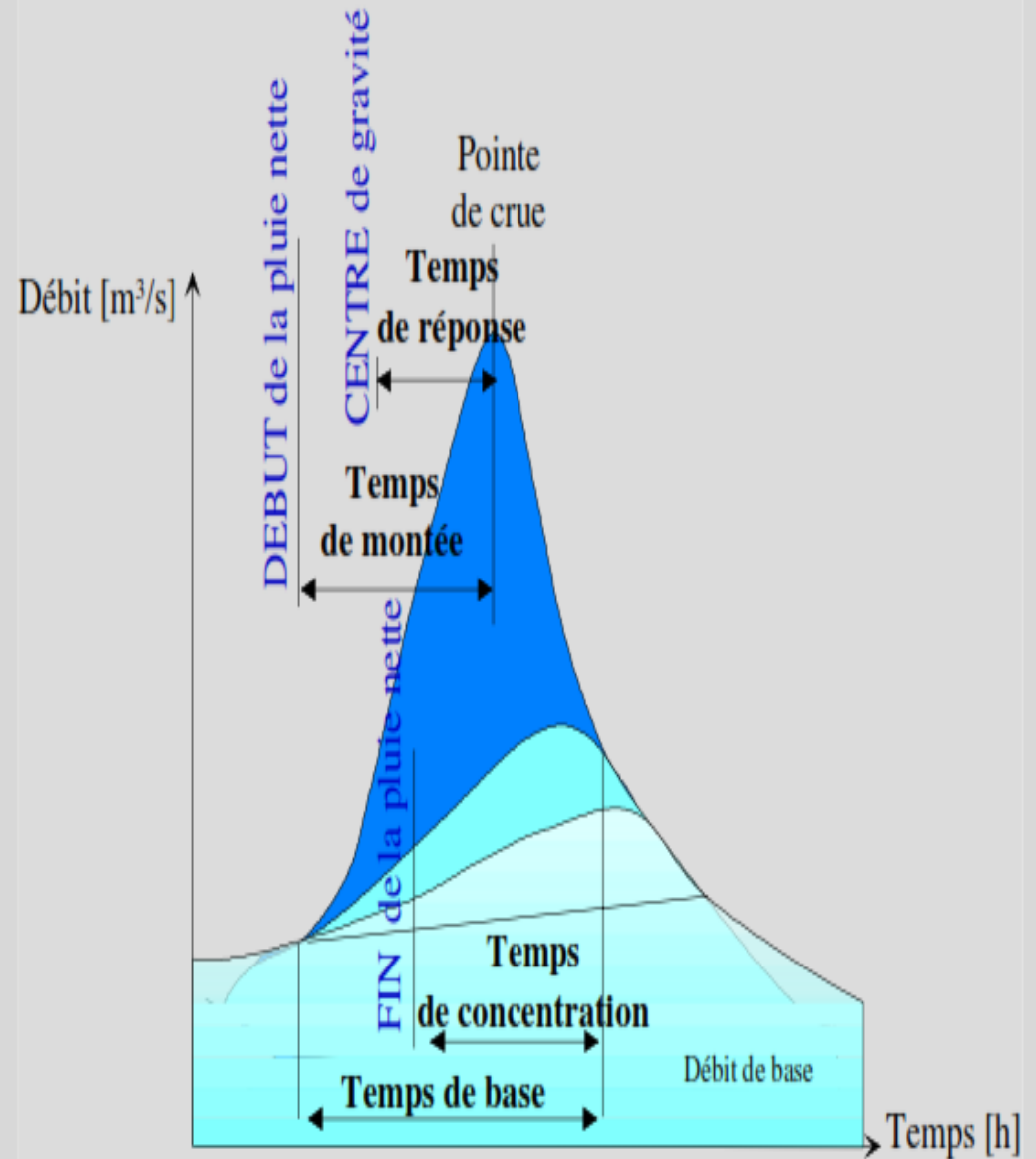
- La courbe de **montée de crue** ou de concentration,
- la **pointe de crue**, ou crête de l'hydrogramme,
- la **courbe de décrue**,
- la courbe de **tarissement**.



Forme de l'hydrogramme de crue

Les temps caractéristiques de l'hydrogramme de crue sont :

- Le **temps de réponse** du bassin,
- le **temps de concentration**,
- le **temps de montée**,
- et le **temps de base**.



- **Temps de réponse du bassin** t_p (ou "lag") - Intervalle de temps qui sépare le centre de gravité de la pluie nette de la pointe de crue ou parfois du centre de gravité de l'hydrogramme dû à l'écoulement de surface.
- **Temps de concentration** t_c - Temps que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée "hydrologiquement" de l'exutoire pour parvenir à celui-ci. On peut estimer t_c en mesurant la durée comprise entre la fin de la pluie nette et la fin du ruissellement direct (i.e. fin de l'écoulement de surface).
- **Temps de montée** t_m - Temps qui s'écoule entre l'arrivée à l'exutoire de l'écoulement rapide (décelable par le limnigraphe) et le maximum de l'hydrogramme dû à l'écoulement de surface.
- **Temps de base** t_b - Durée du ruissellement direct, c'est-à-dire la longueur sur l'abscisse des temps de la base de l'hydrogramme dû à l'écoulement de surface.

La surface comprise entre la courbe de l'écoulement retardé et l'hydrogramme de crue/décru représente le volume ruisselé. Ce volume, exprimée en lame d'eau, est égal par définition au volume de la pluie nette. Cependant, la distinction entre écoulement retardé de subsurface et ruissellement direct de surface étant relativement floue, il n'est pas rare de considérer un volume de ruissellement direct équivalent à celui de la pluie nette définie comme la surface comprise entre la courbe de l'hydrogramme de crue/décru et celle de l'écoulement souterrain.

GENESE DES CRUES ET FACTEURS D'INFLUENCE DE LA REPOSE HYDROLOGIQUE

La nature et l'origine des crues ou « hautes eaux » sont liées aux régimes hydrologiques et à la taille du bassin versant. On distingue les crues généralement selon leur cause, à savoir :

- Les crues d'averses (fortes pluies de plusieurs jours ou averses orageuses localisées),
- les crues de fonte de neige,
- les crues d'embâcle et de débâcles de glace.

Facteurs d'influence de la réponse hydrologique

- **Facteurs « externes » :**
 - Les conditions climatiques du milieu
 - La pluviosité (durée de l'averse, intensité, variations spatiales, etc.)
- **Facteurs « internes » :**
 - La morphologie du bassin versant
 - Les propriétés physiques du bassin
 - La structuration du réseau hydrographique
 - L'état antécédent d'humidité

Facteurs liés à la pluviosité

Influence de la durée de l'averse

Pour un événement pluvieux donné, la réponse hydrologique d'un bassin dépend du volume précipité, mais également des variations d'intensité et de la [durée de l'averse](#). Afin d'illustrer tout d'abord l'influence de la durée de l'averse, nous emprunterons le raisonnement suivant : Soit un bassin versant divisé en quatre zones A-B-C-D concentriques d'égales surfaces, d'égales coefficients de ruissellement et délimitées par des lignes [isochrones](#). Rappelons que les lignes isochrones sont des lignes d'isovaleurs de temps de concentration entre le point considéré et l'exutoire du versant. On assigne à chaque secteur un temps d'écoulement variant de 1 heure pour la zone la plus proche de l'exutoire (A) à 4 heures pour la zone la plus éloignée (D) .

Importance des conditions antécédentes d'humidité

La réponse hydrologique dépend également fortement de l'état hydrique initial du bassin, lui-même relié aux séquences de divers types de périodes pluvieuses et sèches qui ont précédé l'événement pluie-débit étudié. Ainsi, une pluie tombant sur un sol sec servira d'abord à combler le déficit d'humidité du sol. Cette même pluie sera entièrement disponible pour le ruissellement si le sol est déjà saturé au début de l'événement.

Dans un état initial sec (nappe profonde, faible extension des surfaces saturées), la recharge de la nappe sera beaucoup plus lente et le ruissellement par saturation beaucoup plus limité. donne un exemple de débit simulé pour deux conditions antécédentes particulières à savoir une condition humide et une condition sèche. La condition initiale sèche se traduit par une première crue bien plus faible que dans la situation d'une condition initiale humide puisque l'eau de pluie va commencer par remplir le réservoir sol avant de générer de l'écoulement.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'effectuer un passage important allant des aspects descriptifs de l'hydrologie par le biais de la compréhension des processus sous-jacents à la notion de réponse hydrologique. Arrivant au terme de ce cours, nous avons successivement vu les principaux facteurs qui conditionnent le comportement hydrologique d'un bassin versant. Du rôle de la topographie à celui des conditions initiales d'humidité du sol en passant par l'importance des facteurs météorologiques, nous avons ainsi souligné la diversité des processus intervenant dans le cycle de l'eau à l'échelle du bassin versant mais aussi leur complexité et leurs interrelations.