

**Chapitre IV : Hydrologie urbaine**

<b>I. Précipitations.....</b>	<b>2</b>
<b>II. Notion d'averses et d'intensités .....</b>	<b>3</b>
<b>III. Statistique descriptive des séries chronologiques.....</b>	<b>5</b>
<b>IV. Notion de période de retour .....</b>	<b>5</b>
<b>V. Débit centennal Débit décennal .....</b>	<b>7</b>
<b>VI. Les pluies maximales journalières.....</b>	<b>7</b>
<b>VII. Pluies de courtes durées et leur intensité à différentes fréquences : .....</b>	<b>8</b>
<b>VIII. Les courbes IDF (intensité-durée-fréquence).....</b>	<b>9</b>

## Chapitre IV : Hydrologie urbaine

### I. Précipitations

Les précipitations sont des processus hydrologiques les plus variables.

D'une part, elles sont caractérisées par une grande **variabilité dans l'espace** et ceci quelle que soit l'échelle spatiale prise en compte (régionale, locale, etc.).

D'autre part, elles sont caractérisées par une grande **variabilité dans le temps**, aussi bien à l'échelle annuelle qu'à celle d'un événement pluvieux.

Les précipitations sont exprimées généralement en hauteur ou *lame* d'eau précipitée par unité de surface horizontale (mm) On définit aussi son *intensité* (mm/h) comme la hauteur d'eau précipitée par unité de temps.

Les précipitations sont mesurées par les deux appareils de mesures fondamentaux que sont :

- Le **pluviomètre** : instrument de base de la mesure des précipitations liquides ou solides. Il indique la quantité d'eau totale précipitée et recueillie à l'intérieur d'une surface calibrée dans un intervalle de temps séparant deux relevés.
- Le **pluviographe** : instrument captant la précipitation de la même manière que le pluviomètre mais avec un dispositif permettant de connaître, outre la hauteur d'eau totale, leur répartition dans le temps, autrement dit les intensités.

Les mesures ponctuelles acquises au niveau des pluviomètres ou des pluviographes sont analysées et soumises à différents traitements statistiques.

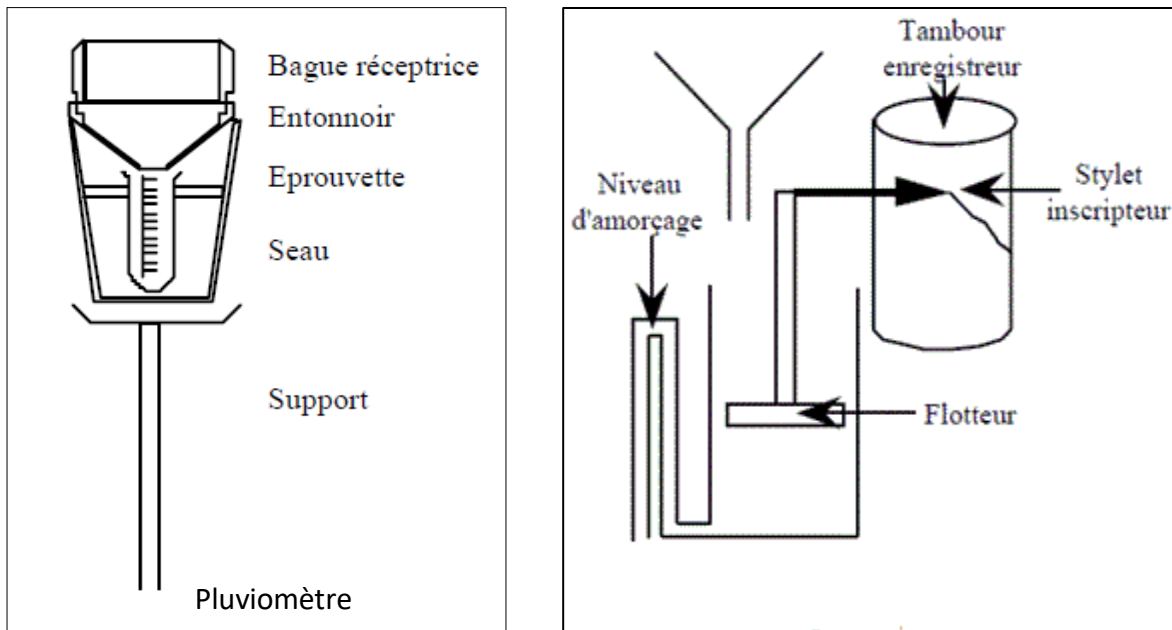


Figure N°01 : schéma du Pluviomètre et du pluviographe à siphon

## II. Notion d'averses et d'intensités

- On désigne en général par "averse" un ensemble de pluies associé à une perturbation météorologique bien définie.
- La durée d'une averse peut donc varier de quelques minutes à une centaine d'heures et intéresser une superficie allant de quelques kilomètres carrés (orages) à quelques milliers (pluies cycloniques).
- On définit finalement une averse comme un épisode pluvieux continu, pouvant avoir plusieurs pointes d'intensité.
- L'intensité moyenne d'une averse s'exprime par le rapport entre la hauteur de pluie observée et la durée  $t$  de l'averse :

$$i_m = \frac{h}{t}$$

$i_m$  : intensité moyenne de la pluie [mm/h, mm/min] ou ramenée à la surface [l/s.ha],

$h$  : hauteur de pluie de l'averse [mm],

$t$  : durée de l'averse [h ou min].

L'intensité des précipitations varie à chaque instant au cours d'une même averse suivant les caractéristiques météorologiques de celle-ci. Plutôt que de considérer l'averse entière et son intensité moyenne, on peut s'intéresser aux intensités observées sur des intervalles de temps au cours desquels on aura enregistré la plus grande hauteur de pluie: *intensité maximale*.

Deux types de courbes déduites des enregistrements d'un pluviographe (pluviogramme) permettent d'analyser les averses d'une station :

- La courbe des hauteurs de pluie cumulée, le hyétogramme.
- La courbe des hauteurs de pluie cumulées représente en ordonnée, pour chaque instant  $t$ , l'intégrale de la hauteur de pluie tombée depuis le début de l'averse.

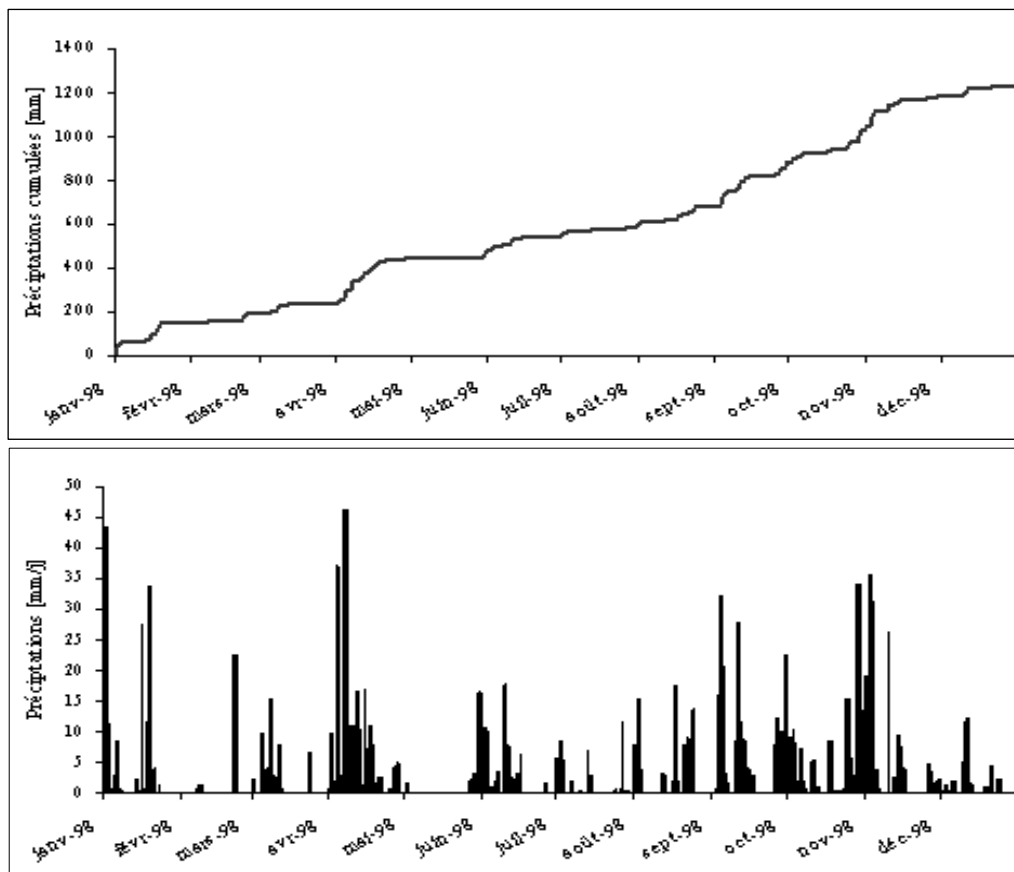


Figure N° 02 : Exemple de Courbe des pluies cumulées et hyétogramme

### III. Statistique descriptive des séries chronologiques

L'ensemble des données d'une station de mesures pluviométriques constitue une information considérable.

On applique ainsi les lois et d'autres techniques de la statistique aux relevés pluviométriques pour en tirer des informations utiles aux études et travaux envisagés

On détermine de la sorte :

1. Valeurs moyennes, tendances centrales ou dominantes (moyenne, médiane, mode, ...)
2. Dispersion ou fluctuation autour de la valeur centrale (écart-type, variance, quantiles, moments centrés)
3. Caractéristiques de forme (coefficients de Yulle, Fisher, Pearson, Kelley)
4. Lois de distribution statistiques (loi normale, log-normale, Pearson...).

L'ensemble de ces valeurs ponctuelles, condensées sous forme statistique, est utilisé pour déterminer la fréquence et les caractéristiques d'un événement pluvieux isolé ou encore pour étudier la variabilité de la pluviométrie dans l'espace.

### IV. Notion de période de retour

#### Définition 1:

PERIODE DE RETOUR = durée théorique moyenne, exprimée en année, qui sépare deux occurrences d'un phénomène donné, si l'on considère une période de temps suffisamment longue.

Par exemple :

Une crue qui correspond à une PERIODE DE RETOUR  $T=100$  (centennale :  $Q_{100}$ ) est une crue théorique calculée à partir de l'analyse des crues passées et qui a une (01) chance sur 100 de se produire chaque année. On peut aussi dire que la crue centennale se produit en moyenne dix fois par millénaire.

**Remarque :**

Les projets d'aménagements hydrauliques ou hydrologiques sont souvent définis par rapport à une averse type associée aux fréquences probables d'apparition.

Lorsque l'on étudie des grandeurs comme les précipitations (caractérisées à la fois par leur hauteur et leur durée) ou les débits de crue d'un point de vue statistique, on cherche donc et, en règle générale, à déterminer par exemple la probabilité pour qu'une intensité  $i$  ne soit pas atteinte ou dépassée.

Cette probabilité est donnée, si  $i$  représente une variable aléatoire, par la relation suivante :

$$F(x_i) = P(i \leq x_i)$$

On nomme cette probabilité fréquence de non-dépassement ou probabilité de non-dépassement. Son complément à l'unité  $1 - F(x_i)$  est appelé probabilité de dépassement, fréquence de dépassement ou encore fréquence d'apparition.

On définit alors le *temps de retour*  $T$  d'un événement comme étant l'inverse de la fréquence d'apparition de l'événement. Soit :

$$T = \frac{1}{1 - F(x_i)}$$

Ainsi, l'intensité d'une pluie de temps de retour  $T$  est l'intensité qui sera dépassé en moyenne toutes les  $T$  années.

**Définition 2 :**

PERIODE DE RETOUR = Pour les événements rares, la période de retour est l'inverse de la probabilité d'occurrence de l'événement considéré au cours d'une année quelconque.

Approximativement on constate que le débit de pointe  $Q_p$  varie comme  $\text{Log}T$

Ainsi :  $Q_p (T=100) = 2 Q_p (T = 10)$

## V. Débit centennal Débit décennal

Si la période de retour choisie augmente, le débit de pointe croit, le diamètre du collecteur est plus grand, les dépenses d'investissement s'accroissent, mais le risque d'inondation diminue. Il y a donc un *une période de retour optimale* à trouver.

En assainissement urbain, les projets sont en général déterminés pour la période décennale  $T = 10$  ans en précisant la nature des débordements prévisibles pour la période centennale  $T = 100$  ans.

Dans certains cas, il peut apparaître judicieux de proposer une variation de la période de retour de l'amont vers l'aval (2 à 5 ans dans la partie amont du réseau, 10 ans dans les zones d'urbanisation plus denses en aval et 25 ans pour la voirie et plus sur les secteurs économiquement importants).

## VI. Les pluies maximales journalières

Les pluies maximales journalières sont souvent génératrices de crues exceptionnelles. Pour cela, il est important d'effectuer un ajustement statistique d'une loi de probabilité à la série d'observation afin de déterminer les précipitations maximales journalières fréquentielles.

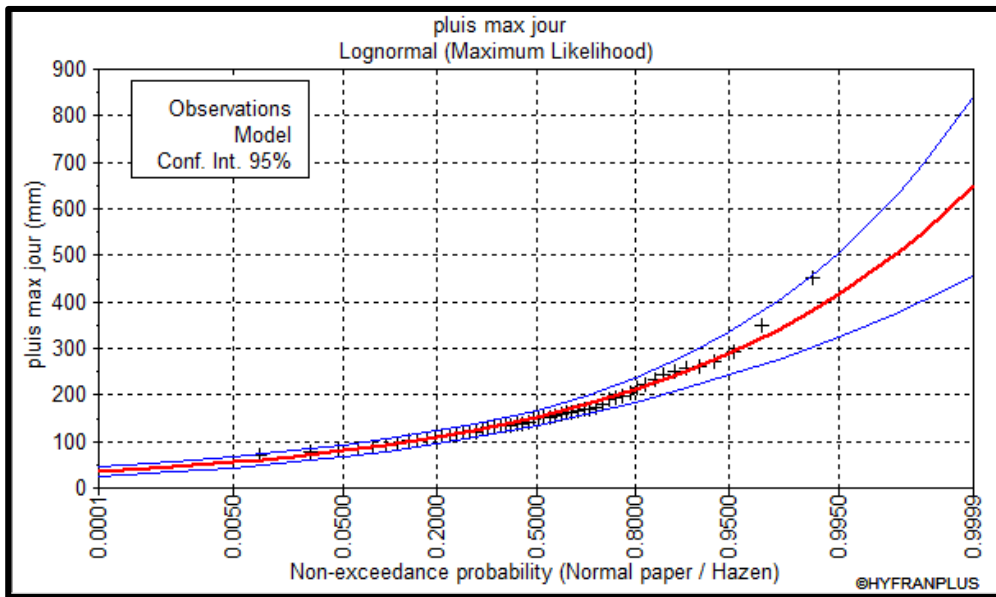
**Exemple :** La station de Zardezas (030903) est considérée avec une série d'observation de 54 années (1951- 2004).

**Tableau** Les paramètres statistiques de l'échantillon:

station de Zardezas (030903)	
Nombre d'observations	54
Minimum	72.300
Maximum	452.50
Moyenne	163.90
Ecart-type	71.883
Médiane	150.00
Coefficient de variation (Cv)	0.43859
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1.6991

**Tableau** Ajustement à la loi log normal :

T	f(x)	Pmaxj
1000	0.999	518.67
100	0.99	389.37
50	0.98	350.24
20	0.95	298.02
10	0.9	257.67
5	0.8	215.61



**Figure** Ajustement à la loi log normale

**VII. Pluies de courtes durées et leur intensité à différentes fréquences :**

Le calcul des pluies de courtes durées pour différentes fréquences a été effectuée à l'aide de la relation de Body exprimée par:

$$P_{max,t,p\%} = P_{max,j,p\%} \left( \frac{t}{24} \right)^b$$

$P_{max,t,p\%}$ : pluies de courte durée (mm) de fréquence égale à celle de  $P_{max,j,p\%}$ .

$P_{max,j,p\%}$ : pluies maximales fréquentielles.

t: temps en heure.

b: exposant climatique.



L'intensité de pluies est donnée par la formule suivante:

$$I_{t, p\%} = \frac{P_{\max t, p\%}}{t}$$

fréquence (%)	20		10		5		2		1		0,1	
	Pt (mm)	It (mm/h)	Pt (mm)	It (mm/h)	Pt (mm)	It (mm/h)	Pt (mm)	It (mm/h)	Pt (mm)	It (mm/h)	Pt (mm)	It (mm/h)
0,5	21,44	42,88	25,47	50,93	28,75	57,49	29,36	58,71	38,32	76,64	51,66	103,32
1	32,27	32,27	38,33	38,33	43,27	43,27	44,19	44,19	57,68	57,68	77,76	77,76
2	48,57	24,29	57,70	28,85	65,13	32,57	66,51	33,26	86,82	43,41	117,05	58,53
3	61,70	20,57	73,29	24,43	82,73	27,58	84,49	28,16	110,29	36,76	148,69	49,56
4	73,11	18,28	86,85	21,71	98,04	24,51	100,12	25,03	130,69	32,67	176,19	44,05
5	83,40	16,68	99,07	19,82	111,83	22,37	114,21	22,84	149,08	29,82	200,98	40,20
6	92,87	15,48	110,33	18,39	124,53	20,76	127,18	21,20	166,01	27,67	223,81	37,30
7	101,72	14,53	120,83	17,26	136,39	19,48	139,28	19,90	181,81	25,97	245,12	35,02
8,03	110,30	13,74	131,02	16,32	147,90	18,42	151,04	18,81	197,15	24,55	265,80	33,10
9	117,97	13,11	140,14	15,57	158,19	17,58	161,55	17,95	210,87	23,43	284,30	31,59
10	125,54	12,55	149,13	14,91	168,33	16,83	171,91	17,19	224,40	22,44	302,53	30,25
11	132,80	12,07	157,76	14,34	178,07	16,19	181,85	16,53	237,38	21,58	320,03	29,09
12	139,80	11,65	166,07	13,84	187,45	15,62	191,43	15,95	249,88	20,82	336,89	28,07
13	146,56	11,27	174,10	13,39	196,52	15,12	200,69	15,44	261,96	20,15	353,18	27,17
14	153,11	10,94	181,88	12,99	205,30	14,66	209,66	14,98	273,67	19,55	368,96	26,36
15	159,47	10,63	189,43	12,63	213,83	14,26	218,37	14,56	285,04	19,00	384,29	25,62
16	165,66	10,35	196,79	12,30	222,13	13,88	226,84	14,18	296,10	18,51	399,21	24,95
17	171,69	10,10	203,95	12,00	230,22	13,54	235,10	13,83	306,89	18,05	413,75	24,34
18	177,58	9,87	210,95	11,72	238,11	13,23	243,17	13,51	317,41	17,63	427,94	23,77
19	183,34	9,65	217,79	11,46	245,83	12,94	251,05	13,21	327,70	17,25	441,81	23,25
20	188,97	9,45	224,48	11,22	253,38	12,67	258,76	12,94	337,77	16,89	455,38	22,77
21	194,49	9,26	231,03	11,00	260,78	12,42	266,32	12,68	347,63	16,55	468,68	22,32
22	199,90	9,09	237,46	10,79	268,04	12,18	273,73	12,44	357,31	16,24	481,72	21,90
23	205,21	8,92	243,77	10,60	275,16	11,96	281,01	12,22	366,80	15,95	494,53	21,50
24	210,43	8,77	249,97	10,42	282,16	11,76	288,15	12,01	376,13	15,67	507,10	21,13

### VIII. Les courbes IDF (intensité-durée-fréquence)

L'analyse des pluies a permis de définir deux lois générales de pluviosité qui peuvent s'exprimer de la manière suivante :

- Pour une même fréquence d'apparition - donc un même temps de retour - l'intensité d'une pluie est d'autant plus forte que sa durée est courte.
- Ou encore, en corollaire, à durée de pluie égale, une précipitation sera d'autant plus intense que sa fréquence d'apparition sera petite (donc que son temps de retour sera grand).

Ces lois permettant d'établir les relations entre les intensités, la durée et la fréquence d'apparition des pluies peuvent être représentées selon des courbes caractéristiques : on parle généralement de *courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF)*.

La notion de fréquence est en fait exprimée par la notion de temps de retour.

Les courbes IDF permettent d'une part de synthétiser l'information pluviométrique au droit d'une station donnée et, d'autre part de calculer succinctement des débits de projet et d'estimer des débits de crue ainsi que de déterminer des pluies de projet utilisées en modélisation hydrologique

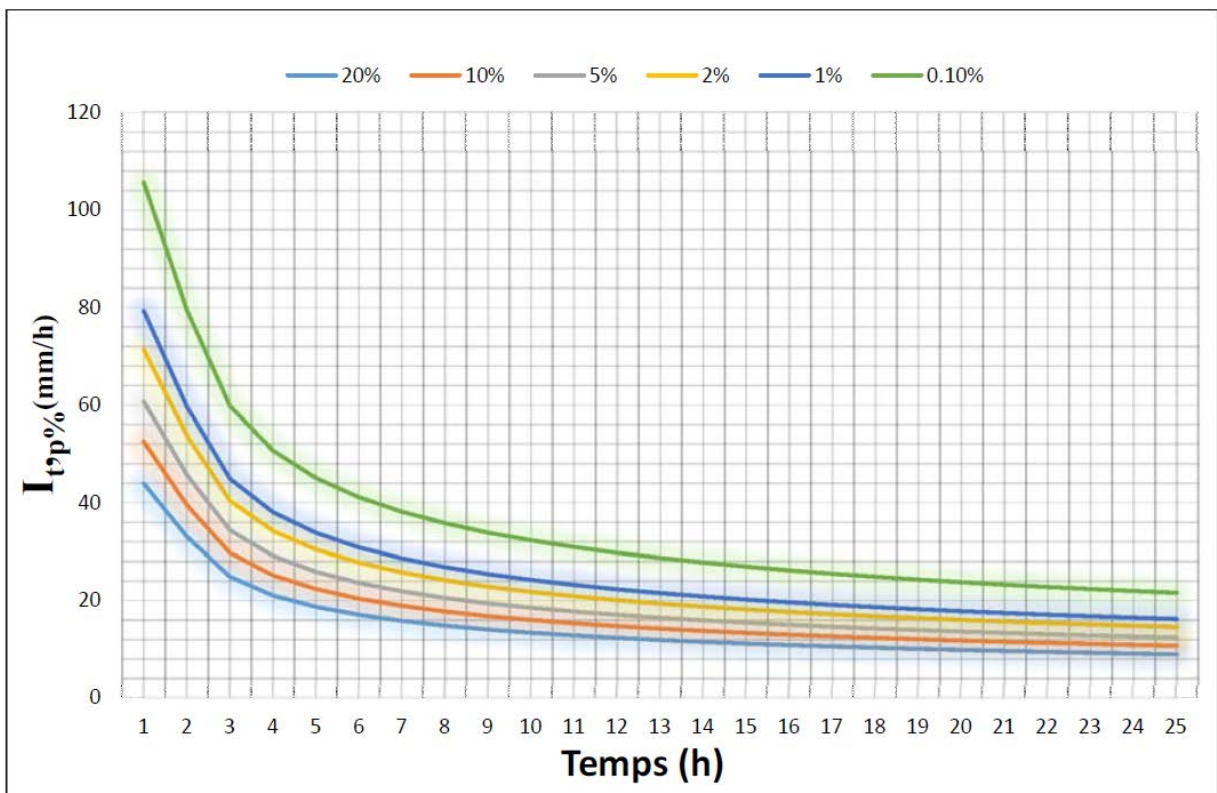


Figure N°03 : Représentation schématisée des courbes I.D.F