



**GUIDE POUR LA GESTION DES EAUX PLUVIALES URBAINES  
EN SEINE MARITIME**

*NOTE TECHNIQUE*

*POUR LE DIMENSIONNEMENT  
DES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES*

Méthodes et références

**CONTRIBUTION DE L' A. R. E. A. S.**

Jean-François OUVRY  
Delphine CLEMENT

18/01/2007

## SOMMAIRE

Introduction.....	3
Chapitre 1 - Objectifs de cette note technique .....	4
1.1 - Bases de la réflexion.....	4
1.2 - Objectif du groupe de travail .....	6
1.3 - Cadre de l'intervention de l'A.R.E.A.S.....	7
Chapitre 2 - Choix des paramètres régionaux et des références .....	8
2.1- La pluie .....	8
2.1.1- Exploiter des données de pluie locale.....	8
2.1.2- Prendre en compte une pluie de fréquence centennale.....	8
2.1.3- Dimensionner un ouvrage pour tout type de pluie.....	8
2.2- Les coefficients de ruissellement.....	9
2.3- Le débit de fuite .....	11
2.4 - L'infiltration .....	12
2.5 - Synthèse des prescriptions retenues par le groupe de travail .....	13
Chapitre 3 : Dimensionnement par la « méthode des pluies ».....	14
3.1 - Principe de la « méthode des pluies ».....	14
3.2 - Méthode des pluies locales linéarisées avec coef a et b de Montana .....	15
3.2.1 - Si on raisonne avec le débit de fuite global exprimé en l/s .....	16
3.2.2 - Si on raisonne avec le débit de fuite unitaire exprimé en l/s/ha .....	16
3.2.3 - Equation linéarisée adaptée selon les coefficients a et b de Montana de la station de Rouen-Boos.....	17
3.3 - Méthode des pluies locales « brutes » à durées données .....	18
3.4 - Comparaison des résultats des deux variantes de la méthode des pluies pour un même exemple, avec et sans infiltration.....	19
Annexe .....	20

# Introduction

## Les principes généraux de la maîtrise des ruissellements en haute Normandie

Notre région est particulièrement sensible aux conséquences des ruissellements excessifs : inondations, coulées de boues, pollution de la ressource en eau.

La question des méthodes et des solutions pour remédier à ces graves désordres a été examinée depuis plusieurs années en Haute Normandie, et notre région a été pionnière dans ce domaine. Les principales conclusions sont claires aujourd'hui et elles s'avèrent générales pour toute la France.

Trois principes doivent être mis en œuvre pour pouvoir améliorer la situation, à savoir :

- ① toute maîtrise des ruissellements doit se concevoir de façon globale à l'échelle des bassins versants et donc avec une cohérence d'ensemble ;
- ② il est indispensable de marier des mesures préventives aux mesures curatives ;
- ③ il est fondamental d'agir au point de départ en favorisant par tout moyen l'infiltration et la non aggravation des ruissellements.

Ces principes se déclinent avec tous les acteurs, dans l'intérêt général.

Depuis 15 ans, plusieurs types d'actions ont déjà été engagés sur le volet des ruissellements en milieu rural (cf. compte-rendu d'activités des syndicats de bassins versants de Seine Maritime).

La question de la maîtrise préventive des eaux pluviales des futures zones urbanisables n'avait pas encore été abordée à l'échelle globale de la Seine Maritime, et c'est l'objet de cette présente contribution.

D'une part, l'aménageur doit veiller à ne pas implanter de futures habitations en zone à risque d'inondation, risque qui provient soit de ruissellement extérieur, soit du propre ruissellement de la zone à urbaniser. Pour cela, le parcellaire doit tenir compte de la topographie et de la contrainte hydraulique (tracé des ruissellements qui transitent sur la parcelle à urbaniser, implantation et niveaux de rez-de-chaussée, descente de sous-sols...).

D'autre part, la maîtrise des eaux pluviales des futures zones urbanisables a pour but d'éviter l'accroissement des flux ruisselés, pour ne pas aggraver la situation des zones vulnérables situées en aval.

De telles mesures sont déjà prises dans d'autres régions françaises beaucoup moins touchées. Ces mesures sont également promues par les Agences de l'Eau Seine Normandie et Artois Picardie notamment.

Cette réflexion se place dans le droit fil du guide « *La Ville et son Assainissement* » publié par le CERTU en 2003.

**Le principe retenu réside dans la non-aggravation des risques d'inondation en aval d'un nouveau projet, quel que soit le type de pluie, pour participer à la cohérence de gestion globale des ruissellements.**

# Chapitre 1 - Objectifs de cette note technique

## 1.1 - Bases de la réflexion

Il s'agit de mettre en place une démarche préventive dans la gestion des eaux pluviales des futures zones urbanisables, pour améliorer la cohérence dans la gestion globale des eaux.

Les syndicats de bassins-versants ont la compétence pour maîtriser les eaux de ruissellement d'origine rurale. Il est nécessaire de compléter cette politique en cadrant la gestion des eaux pluviales d'origine urbaine pour prévenir de l'accroissement des ruissellements lors de nouvelles opérations d'urbanisation. Cette compétence est restée aux communes.

La réalisation de ces dispositifs de gestion des eaux pluviales devrait s'imposer à l'aménageur. Pour celui-ci, il est d'autant plus pertinent de concevoir son projet en intégrant dès le début les paramètres hydrauliques : organisation du parcellaire en général, dispositif d'ensemble de gestion des eaux pluviales (collecte et laminage), conditions de rejet vers le milieu récepteur (débit de fuite et gestion de surverse)...

L'idéal est de bien mener en parallèle la demande d'autorisation au titre de l'urbanisme (ex : arrêté de lotir) et le dossier d'autorisation au titre de la loi sur l'eau : arrêt du parcellaire qui tient compte de la gestion des eaux pluviales sur le projet, règlement du lotissement ou de la ZAC...

Pour alimenter cette réflexion, nous avons procédé à une synthèse des retours d'expériences d'experts nationaux et régionaux, dont les principaux conseils sont résumés ici (Laboratoire National des Ponts et Chaussées ; CETE Méditerranée ; Rapport d'une Commission d'Enquête à l'Assemblée nationale).

### Extraits des avis et conseils des experts nationaux par retour d'expérience

#### ► **Laboratoire National des Ponts et Chaussées 1998**

(Source : *Ruissellement et risque majeur*, par Martine GUITON, Architecte-paysagiste, Docteur de l'ENPC, l'ouvrage résume sa thèse soutenue en 1994 et intitulée *Ruissellement et risque majeur, crue centennale en milieu urbanisé. Etude de cas : le Grand-Bornand, Nîmes, Paris et Vaison la Romaine*)

Suite à l'analyse de plusieurs crues catastrophiques en France et notamment l'étude des facteurs aggravants, l'auteur propose plusieurs orientations pour lutter contre le ruissellement en milieu urbain :

\* l'élargissement de l'instruction technique de 1977 avec l'obligation de la prise en compte des crues centennales sur tout le territoire national, comprenant :

- l'obligation de travailler avec les autres professions pour établir une rétention de surface à la source, et non plus seulement une rétention sur réseaux,
- l'obligation d'utiliser des techniques alternatives de ruissellement concernant toutes les techniques de captage en surface en architecture, jardin et paysage (toiture-réservoir, cour-réservoir, cave-réservoir, jardin-réservoir, parc urbain-réservoir...), en plus des techniques alternatives d'assainissement.

\* une évolution souhaitable des textes législatifs :

« On peut inclure le risque de ruissellement, et donc les moyens de lutte, au niveau du plan de masse de **permis de construire** (échelle 1/500<sup>e</sup>) en imposant, au même titre que la lutte contre l'incendie ou que la préservation de la qualité architecturale locale, un stockage à la parcelle du ruissellement centennal, surfaces de toitures et de voirie d'accès comprises. »

► **Note du CETE Méditerranée à la DPPR, 2002**

(Source : Contribution technique du CETE Méditerranée à une évolution de la doctrine d'élaboration des PPR, à partir d'études de cas en Languedoc-Roussillon)

« Les effets foudroyants et immédiats d'un événement, rendant très difficiles les mesures de sauvegarde telles que l'évacuation, constituent une menace importante pour les personnes ; aussi la rareté de l'événement n'est pas un motif pour ne pas le prendre en compte ... ».

« Les prohibitions doivent être plus sévères dans les endroits où les crues sont *peu fréquentes*, car leur **violence** met en danger la vie humaine. »

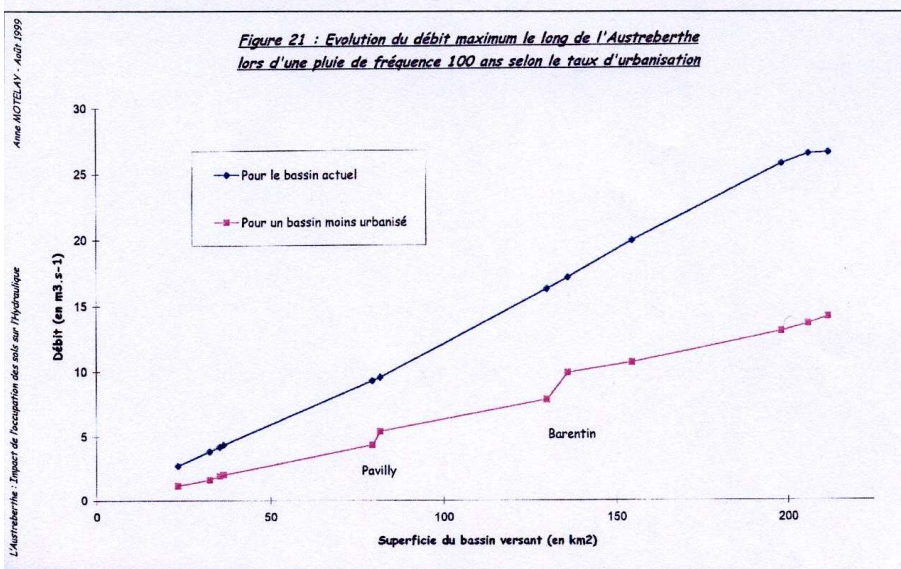
► « **Rapport de la Commission d'Enquête sur les causes des inondations répétitives ou exceptionnelles** » – 2002 – Assemblée Nationale

« L'incrédulité des populations ressort à la fois du caractère socialement inacceptable des inondations envisagées par les experts et de la très faible probabilité qu'elles ont d'intervenir. En fait, il faudrait plutôt parler de faible probabilité, puisqu'une inondation centennale a quand même une chance sur cent de se produire chaque année, ce qui est considérable par rapport à d'autres types de risque ».

Le constat général d'experts nationaux sur les conséquences de l'imperméabilisation des sols sur les crues est également mis en évidence en Haute-Normandie par deux études régionales (DIREN et Rapport de l'Inspection Générale de l'Environnement).

\* Résumé de l'étude menée par la DIREN Haute Normandie sur la rivière Austreberthe : impact de l'occupation des sols sur l'hydraulique (1999)

Evolution du débit de l'Austreberthe selon le taux d'urbanisation



(Source : impact de l'occupation des sols sur l'hydraulique sur la rivière Austreberthe – DIREN Haute – Normandie, 1999)

Le graphique permet de comparer des débits maximums tout le long de la rivière entre la situation urbanisée actuelle et la situation avant l'urbanisation du bassin versant. Ainsi, selon les hypothèses de l'étude, l'augmentation du débit de pointe centennal liée à l'urbanisation serait croissante tout le long du bassin-versant. A l'exutoire, le débit de pointe centennal de la rivière aurait presque doublé, du fait du taux d'urbanisation actuel.

Suite à l'étude de chaque crue de débit maximal supérieur à 4 m<sup>3</sup>/s depuis 1967, les principaux résultats sont les suivants :

- l'augmentation des volumes écoulés de 40 000 m<sup>3</sup> à 120 000 m<sup>3</sup> en moyenne lors d'une crue,
- une augmentation de la vitesse de réponse de la rivière (de 50 % à 75 % en une heure) ;
- une augmentation des débits maximaux (1.5 m<sup>3</sup>/s supplémentaire en 30 ans).

Cette tendance générale à l'augmentation des ruissellements depuis 1967 est liée à l'évolution de plusieurs phénomènes :

- l'augmentation perceptible et générale de la pluviométrie,
- l'augmentation forte des surfaces imperméabilisées liée à l'urbanisation ;
- l'augmentation des débits de la rivière due à une politique de gestion des ruissellements de « tout tuyau », où les eaux sont collectées et canalisées au plus vite vers la rivière, sans aucune forme de laminage et régulation ;
- l'évolution générale dans le domaine de l'agriculture qui accroît les ruissellements.

*\* Rapport de l'Inspection Générale de l'Environnement sur les inondations et coulées boueuses en Seine Maritime – Propositions pour un plan d'actions (décembre 2001)*

« La disparition en 25 ans de 86 000 hectares de prairies et leur transformation en zones urbanisées ou en labour a considérablement accru la capacité de ruissellement du territoire et est probablement la principale cause de l'augmentation de la fréquence des inondations et coulées boueuses. »

**Les résultats de ces études nous alertent sur l'augmentation générale des débits liés à l'urbanisation. Sur le principe de la non-aggravation des risques, ceci nous amène à réfléchir à des mesures compensatoires à mettre en place lors d'opérations d'urbanisation.**

## **1.2 - Objectif du groupe de travail**

**=> Définir une ligne de conduite avec des prescriptions claires pour la gestion des eaux pluviales des nouvelles zones constructibles selon la vulnérabilité du site et des milieux en aval. Ces prescriptions devront être appliquées par tous les aménageurs.**

A défaut, d'étude hydraulique fine locale, cette doctrine doit permettre l'urbanisation au niveau du bourg ou de la ville, sans dommages ni conséquences en aval du projet, que ce soit :

- pour le réseau pluvial,
- pour des habitations/voiries déjà vulnérables en aval dans ce bourg ou cette ville,
- pour l'aval du bassin-versant d'une manière générale,
- pour le milieu naturel en aval.

Enfin, il sera nécessaire de **tenir compte de cas particuliers pour adapter le dimensionnement des aménagements hydrauliques selon la sensibilité du secteur en aval**. Ainsi, par exemple on pourra ne pas considérer de la même manière un projet d'aménagement dont les rejets seront directs en mer, et un aménagement en amont d'un bassin-versant dont l'exutoire est très vulnérable.

Souhait du groupe de travail : proposer deux alternatives pour le dimensionnement :

- L'aménageur choisit une méthode de dimensionnement réglementaire, qui intègre obligatoirement les spécificités locales (rappelées dans cette note),
- L'aménageur utilise une méthode simplifiée et généralisée sur tout le département, proposée à la fin de cette note.

Les aménageurs ne sont pas toujours compétents en hydraulique. Cette note technique cherche donc à simplifier la phase de calcul hydraulique en indiquant une méthode généralisée qui réponde aux exigences en fonction de la vulnérabilité et du respect de la réglementation.

Cette doctrine s'adresse aux élus et aux aménageurs pour tout projet dans le département et répond à la nécessité de responsabiliser l'ensemble des acteurs de l'Aménagement du territoire.

**Ce travail s'inscrit dans le contexte technique et réglementaire actuel.**

**Dans sa réflexion, le groupe de travail s'est donc attaché à :**

- **prendre en compte des méthodes de calculs hydrauliques simples, couramment utilisées et reconnues à l'échelle nationale et régionale ;**
- **respecter les nouvelles règles de dimensionnement préconisées dans le guide du CERTU 2003 (*La Ville et son Assainissement*) ;**
- **tenir compte des caractéristiques actuelles des organes hydrauliques présents sur le marché : difficulté d'atteindre des débits inférieurs à 2l/s notamment ;**
- **veiller à la faisabilité économique des projets : selon la nature des sols, l'emprise foncière d'ouvrages d'infiltration peut être relativement élevée, mais elle ne doit pas s'avérer pénalisante pour l'équilibre financier du projet urbain ;**
- **proposer une méthode simplifiée pour l'ensemble du département.**

### **1.3 - Cadre de l'intervention de l'A.R.E.A.S.**

Le groupe de travail est constitué des différents services de l'Etat (DDE, DDAF, DIREN, DDASS) et de quelques personnes consultées à titre d'expert : c'est le cas de l'AREAS, ainsi que les deux syndicats de bassin-versant confrontés à la gestion des rejets des zones urbanisées.

Au sein de ce groupe de travail, l'AREAS apporte ses connaissances en terme de quantification des volumes à gérer et de solutions techniques régionales qu'il pourrait être utile de diffuser, pour la réalisation de la note technique.

**L'objectif de cette note technique est donc d'indiquer aux aménageurs les méthodes et les références à utiliser dans leur projet en matière de gestion des eaux pluviales, afin de garantir une cohérence des ruissellements à l'échelle du bassin-versant.**

Cette note technique accompagne la synthèse sur le contexte local et l'hypersensibilité de la Seine Maritime aux risques de ruissellement présentée dans le guide et rédigée par l'AREAS.

Pour ce faire, l'association s'appuie sur son expérience :

- références de mesures de ruissellement sur les BV pilotes de Blosserville, Bourville et Le Hanouard depuis 15 ans,
- participation à l'élaboration des documents d'urbanisme (réalisation de bilans hydrologiques dans le cadre de la convention avec le Conseil Général de Seine Maritime) : propositions de préconisations réglementaires concernant les dimensionnements des ouvrages des zones AU, Schéma d'aménagement d'ensemble intégrant le risque inondation ...
- conseils aux syndicats de bassins-versants sur des projets de lotissements: vérification du dossier et de la prise en compte du risque inondation dans le lotissement lui-même ; examen de l'impact de l'urbanisation sur les risques inondation en aval...
- suivi d'élaboration de zonages d'assainissement pluvial ;
- participation à l'élaboration de la méthodologie des Plans de Prévention des Risques Ruissellements sur les bassins versants non drainés ;
- recensement de tous les ouvrages de lutte contre les inondations en Seine-Maritime : leur dimensionnement, leur fonctionnement et leurs limites.

## Chapitre 2 - Choix des paramètres régionaux et des références

Ce chapitre présente la méthodologie utilisée pour définir les quatre principaux paramètres à utiliser en Seine Maritime pour le dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales urbaines, à savoir la pluie, les coefficients de ruissellement, le débit de fuite et l'infiltration.

### 2.1- La pluie

#### **2.1.1- Exploiter des données de pluie locale**

Dans le guide du CERTU de 2003, intitulé *La Ville et son assainissement*, il est recommandé d'étudier et dimensionner tout projet hydraulique en tenant compte des pluies locales.

En particulier, les coefficients de Montana *a* et *b* indiqués dans l'instruction technique 1977 selon le découpage de la France en trois régions, référentiel jusqu'alors, ne doivent plus être utilisés.

La Seine Maritime est soumise à un climat de type océanique, c'est-à-dire doux et pluvieux toute l'année. Cependant, au sein même du département, la pluviométrie varie de manière non négligeable. Ces écarts ont des conséquences importantes, puisque ce sont les données de base à tout dimensionnement ou modélisation hydraulique. Il est donc recommandé d'utiliser les données pluviométriques du Poste Météo France le plus proche du projet.

Cependant, Météo-France ne fournit pas le détail des pluies à des durées comprises entre 1 heure et 24 heures pour toute période de retour pour tous ses postes, mais seulement pour certains d'entre eux. Pour la suite de ce travail, la DDE de Seine Maritime a fait l'acquisition des données MétéoFrance sur la station Rouen-Boos (cf annexe).

#### **2.1.2- Prendre en compte une pluie de fréquence centennale**

Le choix de la période de retour repose sur une analyse bibliographique de retours d'expériences d'experts ainsi que sur la réglementation en vigueur. Nous avons résumé dans le chapitre 1 l'essentiel des retours d'expériences des experts dans ce domaine. Nous rappelons maintenant très succinctement la réglementation en vigueur.

##### \* Extrait du Code Civil (art. 640)

« Les fonds inférieurs sont assujettis envers ceux qui sont plus élevés, à recevoir les eaux qui en découlent naturellement, sans que la main de l'homme y ait contribué.

Le propriétaire inférieur ne peut point élever de digue qui empêche cet écoulement.

Le propriétaire supérieur ne peut rien faire qui aggrave la servitude du fonds inférieur ».

##### \* Résumé de la Circulaire de 1994 et la Loi Barnier de 1995

**La crue centennale devient une référence réglementaire** (ou la plus forte crue connue sur le secteur, si elle est supérieure) en matière de démarche préventive, en terme d'exposition au risque d'inondation (par crue de rivière).

**Le principe de non aggravation des écoulements inscrit dans le Code Civil implique bien une régulation des eaux pluviales sur la parcelle avant rejet limité en aval.**

**Dans l'optique de la non aggravation des risques, les experts nationaux retiennent la référence centennale.**

#### **2.1.3- Dimensionner un ouvrage pour tout type de pluie**

Un ouvrage hydraulique doit répondre à tout type de pluie, aussi bien un orage d'été qu'une pluie d'hiver, moins intense mais plus longue. **La méthode de dimensionnement des ouvrages doit permettre de considérer toute la gamme de pluie** (de courte durée jusqu'à la pluie journalière).

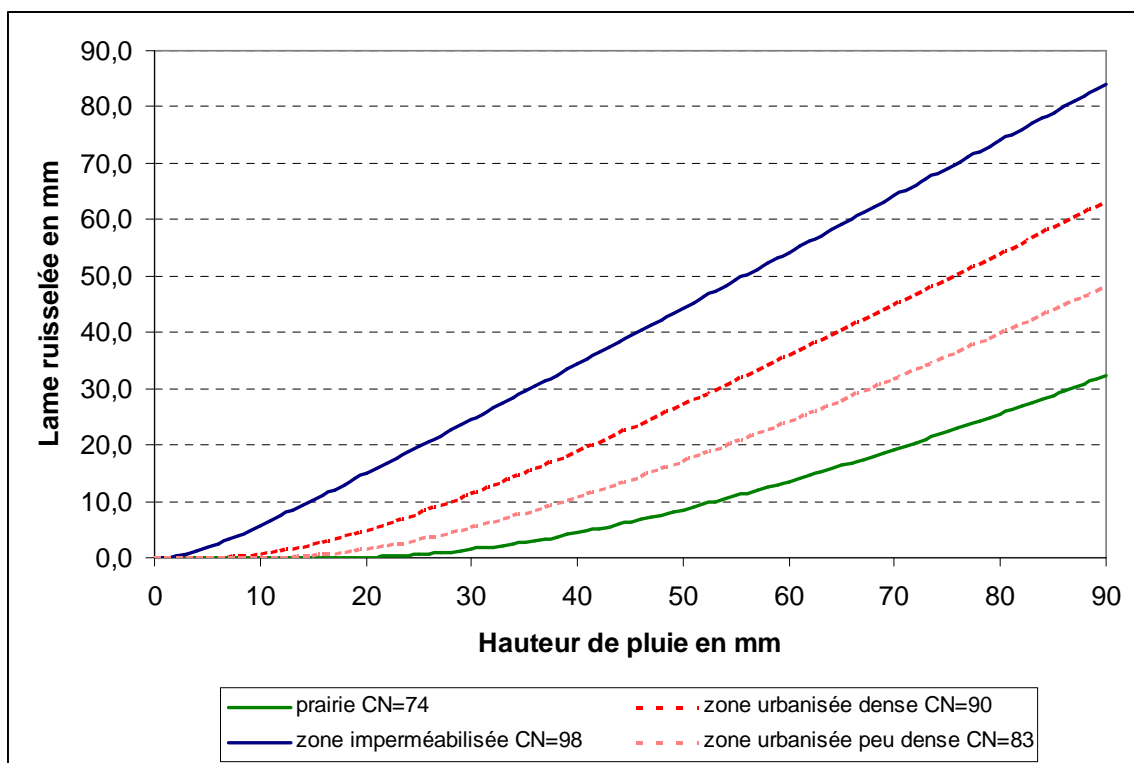


## 2.2- Les coefficients de ruissellement

Pour la période de retour centennale retenue, les surfaces imperméabilisées ne sont pas seules à produire des ruissellements au sein d'un projet urbain. Pour un dimensionnement cohérent, il est fondamental de tenir compte également des surfaces en espaces verts.

L'Instruction Technique 1977 n'indique pas de valeurs de coefficients de ruissellement unitaires par état de surface. Or, les ruissellements produits par les surfaces imperméabilisées et les espaces verts augmentent avec le cumul de pluie. L'objectif est donc de tenir compte de l'évolution des volumes ruisselés selon la hauteur de pluie, et donc la période de retour.

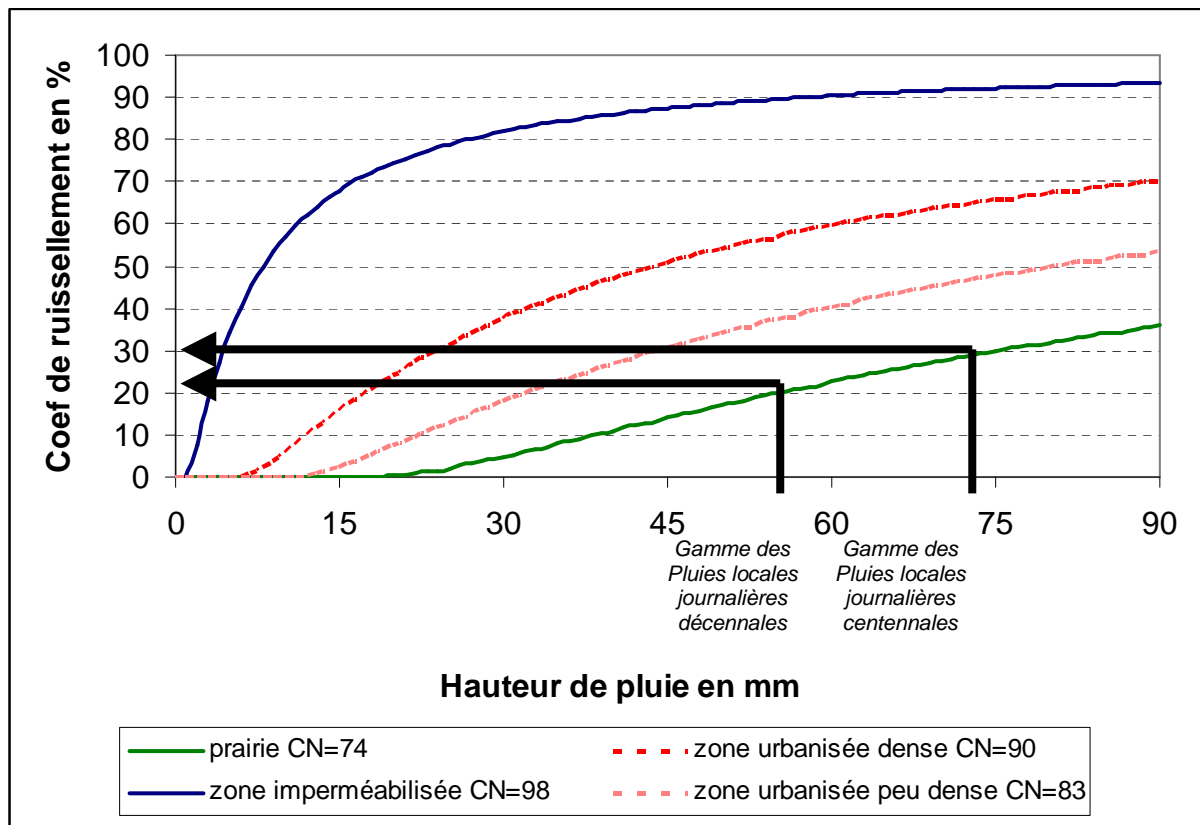
Pour définir les coefficients de ruissellement à appliquer pour les pluies centennales adaptés à la Seine Maritime, nous proposons de nous appuyer sur la méthode du Curve Number (CN) développée aux Etats-Unis. Elle permet d'estimer la quantité de ruissellement dans chaque cas : pour chaque occupation des sols, pour chaque hauteur de pluie. Cette méthode tient compte du type de sol, des conditions d'humidité et de l'occupation des sols. Elle permet d'atteindre le niveau de précision souhaité et de comparer les ruissellements avant et après aménagement.



A titre d'information, la méthode du CN propose aussi des curve number compris entre 83 et 90 selon la densité des zones urbanisées. Comme pour les surfaces imperméabilisées et les surfaces en espaces verts prises isolément, le graphique montre que la lame ruisselée sur les surfaces urbanisées prises globalement augmente avec la hauteur de pluie, selon la fréquence, et selon la densité des projets, et donc du taux d'imperméabilisation.

Il est possible de calculer des coefficients de ruissellement unitaires par état d'occupation du sol en fonction de la hauteur de la pluie (autrement dit de la période de retour de la pluie).

$$\text{coef de ruissellement (\%)} = \frac{\text{lame ruisselée à une durée de pluie donnée (mm)}}{\text{hauteur de pluie à cette durée de pluie donnée (mm)}} \times 100$$



Pour une durée de pluie locale journalière (= hauteur de pluie la plus « défavorable » à une fréquence donnée), les coefficients de ruissellement obtenus sont les suivants :

Occupation du sol	Fréquence décennale	Fréquence centennale
Zone imperméabilisée $C_{zi}$ (voirie, toitures...)	0.9	1
Zone en Espaces verts $C_{zev}$	0.2	0.3

*Source : méthode du Curve Number adaptée aux données locales de Haute Normandie par l'AREAS*

**Ces valeurs de coefficients de ruissellement unitaires sont proposés uniquement pour le dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales.**

**Ces valeurs sont également en accord avec les chiffres proposés par le CERTU.**

Ces coefficients de ruissellement unitaires par occupation du sol répondent expressément aux méthodes de travail des aménageurs qui distinguent toutes les superficies d'un projet par état de surface. A partir des coefficients de ruissellement unitaires par occupation du sol, on calcule un coefficient de ruissellement moyen noté  $C$  selon la répartition des surfaces par occupation du sol selon la fréquence. Le coefficient de ruissellement moyen est d'autant plus élevé que les surfaces imperméabilisées sont importantes sur le projet.

**Coef de ruissellement moyen  $C$  = [(somme des surfaces imperméabilisées du projet (en ha) x coef unitaire de surface imperméabilisée  $C_{zi}$ ) + (somme des surfaces en espaces verts (en ha) x coef unitaire de zone en espace vert  $C_{zev}$ ) ] / surface totale du projet (en ha)**

Remarque : il ne faut pas confondre le coefficient de ruissellement moyen et le coefficient d'imperméabilisation noté  $C_{imp}$  !

Coef d'imperméabilisation  $C_{imp}$  = surface totale imperméabilisée (ha) / surface totale du projet (ha)

## 2.3- Le débit de fuite

Le guide *La Ville et Son assainissement* recommande pour tout projet d'étudier les capacités du milieu récepteur, afin de définir un rejet compatible avec les conditions en aval. A défaut d'études locales, le groupe de travail propose un rejet limité en fonction de la superficie urbanisable.

Le choix du débit de fuite à 2 litres /seconde / hectare aménagé repose sur plusieurs éléments :

- 1- pour respecter le principe de la non-aggravation, il s'agit de ne pas rejeter un débit supérieur au débit initial avant aménagement. Toutefois, ce débit de fuite engendre une concentration des ruissellements qui n'existait pas initialement, s'il s'agissait d'une parcelle en milieu agricole notamment où les ruissellements se produisaient sous forme diffuse !
- 2- le choix du débit de fuite d'un ouvrage est toujours un compromis entre la capacité du milieu récepteur et un temps de vidange de l'ouvrage acceptable.
- 3- Selon les autres hypothèses décidées par ailleurs par le groupe de travail (pluie locale centennale, coefficients de ruissellement unitaires centennaux), dans la plupart des cas, le débit de fuite unitaire égal à 2l/s/ha permet de vidanger un ouvrage dimensionné pour toute pluie locale centennale en moins de 48 heures, a priori sans représenter une aggravation pour le milieu récepteur selon l'importance des projets (cf tableau ci-dessous). Les calculs montrent aussi que ce débit de fuite unitaire permet une vidange des ouvrages en 24 heures pour une pluie de fréquence décennale.
- 4- C'est un ordre de grandeur cohérent avec les exemples de règlements de collectivités ayant limité les rejets pluviaux, que nous avons consulté (exemples : Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la région de Douai=2l/s/ha ; Syndicat Intercommunal de la Vallée de l'Orge Aval = 1l/s/ha ; Communauté Urbaine de Bordeaux = 3l/s/ha...)

Superficie	1 ha
Qf unitaire	2 l/s/ha
Qf total	2 l/s

a F100 ans 20,712  
b F100 ans 0,842

Coeff d'imper (%)	Fréquence locale centennale	
	Volume à réguler (m <sup>3</sup> )	temps de vidange (h)
0	119	17
5	136	19
10	153	21
15	170	24
20	188	26
25	206	29
30	224	31
35	243	34
40	261	36
45	280	39
50	299	42
55	319	44
60	338	47
65	358	50
70	377	52
75	397	55
80	418	58
85	438	61
90	458	64
95	479	67
100	500	69

Selon les autres hypothèses décidées par ailleurs par le groupe de travail (pluie locale centennale, coefficients de ruissellement unitaires centennaux), nous avons simulé plusieurs types de projets d'urbanisation, aux coefficients d'imperméabilisation les plus courants : un coefficient d'emprise au sol souvent compris entre 0.20 et 0.40, auquel s'ajoutent d'autres éléments imperméabilisés non déclarés (type terrasses...), peut représenter un coefficient d'imperméabilisation cumulé moyen de 25 à 60 %.

**Dans la plupart de ces cas, le débit de fuite unitaire égal à 2l/s/ha permet de vidanger un ouvrage dimensionné pour toute pluie locale centennale en moins de 48 heures.**

## **2.4 - L'infiltration**

L'infiltration des eaux pluviales présente l'atout principal suivant : **elle permet un rejet nul** ou très réduit en surface. C'est une solution optimale lorsqu'il existe un problème d'exutoire : soit absence d'exutoire (ex. zone endoréique), soit lorsque la vulnérabilité avale est très importante. Elle répond donc pleinement au principe de non-aggravation des écoulements en aval d'un projet.

Cependant, l'infiltration des eaux pluviales présente aussi des contraintes non négligeables :

- la perméabilité des sols en place doit être favorable (le groupe retient  $K \geq 1.10^{-6}$  m/s)
- le temps de vidange des ouvrages est relativement long pour les pluies rares,
- l'espace foncier peut être plus élevé (nécessité de surface de contact importante),
- la pertinence des résultats de tests réalisés avant projet et le remaniement des terrains lors de l'urbanisation obligent à considérer un coefficient de sécurité,
- les eaux souterraines ne doivent pas présenter d'enjeu vulnérable (captage AEP),
- les eaux chargées en particules fines et/ou polluées doivent être filtrées au préalable (par des dispositifs enherbés en amont de l'ouvrage par exemple), pour éviter la pollution des eaux et un envasement trop rapide.

Etant données ces limites à l'infiltration, le guide *la Ville et son Assainissement* recommande de dimensionner les ouvrages d'infiltration pour des pluies longues (au moins journalières).

Pour favoriser autant que possible l'infiltration des eaux pluviales dans le département, le groupe de travail a voulu une règle de dimensionnement « arithmétiquement » simple : si toutes les conditions énoncées ci-dessus sont remplies, il s'agit d'infiltrer une partie des eaux pluviales produites sur le projet (en général à l'échelle individuelle) et de réguler en aval le volume complémentaire, pour garantir une gestion globale des eaux à la fréquence centennale. Ceci peut permettre de réduire la taille des ouvrages à l'exutoire final d'un projet.

Il est délicat de fixer un objectif d'infiltration à atteindre, tant les conditions de sol et de faisabilité (pente du terrain...) peuvent être variables. Il est souhaitable d'infiltrer un volume maximal tout en respectant des conditions de vidange raisonnables. Pour des raisons foncières notamment, **il est conseillé d'infiltrer au maximum un volume équivalent au volume journalier décennal.**

**Dans tous les cas, il sera nécessaire de valider et dimensionner le choix technique pour l'infiltration d'une partie des eaux pluviales par la réalisation de tests de perméabilité sur le site.** En effet, la géologie du département met en évidence une variation significative des conditions de sols (limons, sables sur argiles à silex). Ceux-ci peuvent être relativement peu perméables (conductivité hydraulique de  $1.10^{-6}$  à  $1.10^{-9}$  m/s). Ces états locaux de perméabilité des sols commandent directement le temps de vidange des ouvrages d'infiltration. Selon l'emprise au sol des ouvrages, leur vidange complète peut durer de quelques jours à une centaine de jours ! Il est donc indispensable de vérifier ces conditions de vidange pour garantir la sécurité publique.

### Quelle dimension pour l'ouvrage de régulation complémentaire à l'exutoire du projet ?

Conformément aux recommandations du guide national, un coefficient de sécurité devra être appliqué. Pour tenir compte de l'évolution de l'infiltration réelle des sols qui pourrait devenir insuffisante, le groupe de travail retient un coefficient de sécurité minimal  $s = 0,3$  à appliquer sur le volume total infiltré, et majorer un peu le volume restant à réguler à l'exutoire.

**Volume final à réguler à l'exutoire du projet = Volume global centennal à stocker – [(somme des Volumes infiltrés) x (1 - coef de sécurité)]**

De nombreuses solutions d'aménagement peuvent être imaginées pour la répartition de ces dispositifs d'infiltration au sein de la zone urbanisée : des fossés drainant sur les parcelles privatives, des noues d'infiltration le long des voiries internes ou en limite de parcelles, un ouvrage de stockage à fonctionnement mixte où une partie des eaux de l'ouvrage peut se vider par infiltration, l'autre par régulation avec rejet d'un débit de fuite vers le milieu récepteur...

**2.5 - Synthèse des prescriptions retenues par le groupe de travail**  
**pour le dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales**  
**des futures zones urbanisables en Seine Maritime**

**5 objectifs**

**1/ Prendre en compte la surface totale du projet**

**2/ Prendre en compte la pluie locale de période de retour de 100 ans la plus défavorable**

**3/ Adapter le coefficient de ruissellement à la hauteur de pluie**

Pluie centennale :

Pour des surfaces imperméables,  $c = 1$

Pour des surfaces en espaces verts,  $c = 0.3$

**4/ Limiter le débit de fuite à 2 litres / seconde / hectare aménagé**

**5/ Assurer la vidange de l'ouvrage en moins de 2 jours pour un événement centennal**

(en moins d'1 jour pour un ouvrage élémentaire dimensionné pour un événement décennal)

**Recommandation**

**+ Infiltrer une partie des eaux pluviales (max = volume journalier décennal ruisselé), si la perméabilité du sol le permet ( $K \geq 1.10^{-6} \text{ m / s}$ )**

Remarque : la répartition d'un ou des ouvrages dans l'espace est à la liberté de l'aménageur, dans la mesure où le dimensionnement et la cohérence hydraulique sont respectés.

## Chapitre 3 : Dimensionnement par la « méthode des pluies »

### 3.1 - Principe de la « méthode des pluies »

Cette méthode de dimensionnement permet d'optimiser le volume d'un ouvrage de régulation, pour tout type de pluie (orage d'été à pluie longue d'hiver). Selon le débit de fuite et la fréquence de retour retenus, il s'agit de stocker le volume maximal entre le volume ruisselé sur le projet et le volume évacué par le débit de fuite, à la durée de la pluie la plus « pénalisante ».

- Il s'agit de la méthode réglementaire développée dans l'Instruction Technique 1977.
- Elle tient compte du fonctionnement d'un débit de fuite.
- Elle détermine la durée de la pluie la plus pénalisante (volume maximal à stocker).
- Elle peut tenir compte de pluies locales.
- Elle peut tenir compte d'un coefficient de ruissellement adapté à la période de retour considérée.

Sont alors à définir :

- la valeur du débit de fuite,
- la période de retour de l'événement à prendre en compte.

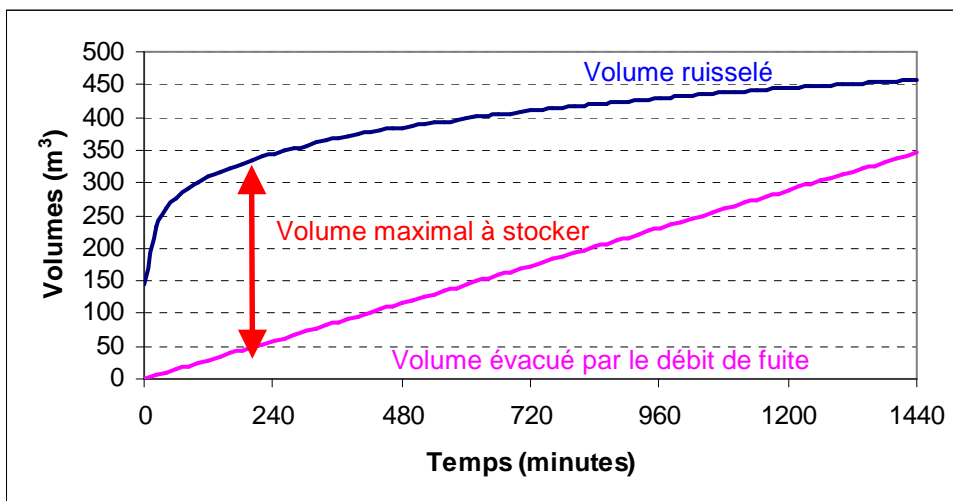


Schéma de principe de la méthode des pluies :

Volume à stocker = différence la plus élevée entre la courbe des volumes ruisselés et la droite des volumes évacués par le débit de fuite constant

Pour un débit de fuite fixe et une période de retour donnée, cette méthode révèle des résultats relativement stables sur les deux critères suivants :

- la durée de la pluie la plus pénalisante,
- les volumes à stocker en fonction des superficies des projets.

Cette méthode permet de satisfaire l'intégralité des critères décidés par le groupe de travail :

- limiter les débits de fuite à 2 l/s/ha aménagé,
- prendre en compte une référence centennale,
- garantir des temps de vidange raisonnables des ouvrages.

**Ce principe de dimensionnement permet de généraliser une méthode de calcul des volumes d'eaux pluviales à gérer en zone urbanisable à l'ensemble du département, en tenant compte de tous les critères décidés par le groupe de travail.**

### 3.2 - Méthode des pluies locales linéarisées avec coef a et b de Montana

Cette analyse permet d'optimiser les dimensionnements obtenus à partir de la méthode des pluies, en utilisant les coefficients a et b de Montana. C'est une méthode précise, et donc celle qui est préconisée.

Afin de s'affranchir du choix d'une durée de pluie de projet constituant un parti pris pour dimensionner des ouvrages de rétention, on calcule ici la durée de la pluie la plus défavorable pour dimensionner l'ouvrage.

#### Dimensionnement du volume de régulation nécessaire

D'une part, on a volume ruisselé  $V_r (m^3) = 10 \times S \times C \times I \times t$

avec S : Surface totale du projet en ha  
 C : Coefficient de ruissellement moyen global en mm/mm  
 I : intensité moyenne de la pluie à t en mm/min  
 t : durée de la pluie en min

L'intensité de la pluie de projet suit la loi de Montana :

$I_{mm/min} = a \times t^{-b}$  avec a ; b : coefficients de Montana pour une fréquence de pluie donnée

On a alors Volume ruisselé  $V_r (m^3) = 10 \times S \times C \times a \times t^{(1-b)}$

Rappel : le coefficient de ruissellement C est lié au coefficient d'imperméabilisation  $C_{imp}$

$$\text{avec } C = C_{imp} \times C_{ZI} + (1 - C_{imp}) \times C_{ZEV} \quad \Rightarrow \quad C = C_{imp} (C_{ZI} - C_{ZEV}) + C_{ZEV}$$

$0 \leq C_{imp} \leq 1$  où  $C_{ZI}$  = coefficient de ruissellement sur zone imperméable  
 $C_{ZEV}$  = coefficient de ruissellement sur espace vert

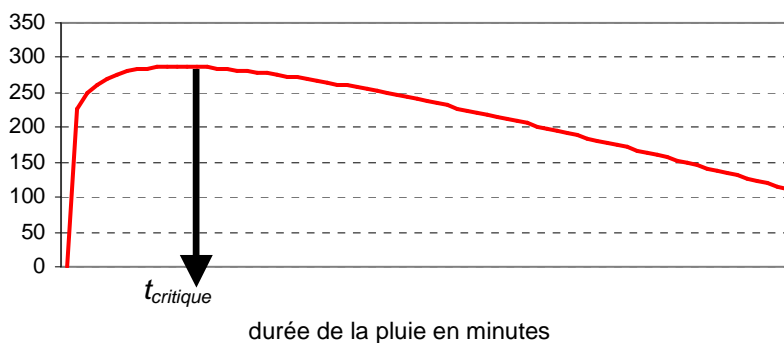
D'autre part, on a Volume évacué par le débit de fuite  $V_e (m^3) = Q_f(l/s) \times t_{(min)} \times (60 / 1000)$   
 avec  $Q_f$  = débit de fuite total en l/s

[ou  $V_{evacué} (m^3) = q_f(l/s/ha) \times S_{(ha)} \times t_{(min)} \times (60 / 1000)$  si  $q_f$  : débit de fuite unitaire en l/s/ha]

Remarque importante : dans cette méthode, le débit de fuite est supposé constant.

On a alors Volume maximal à stocker = MAXIMUM entre (Volume ruisselé – Volume évacué) à une durée de pluie donnée

Différence Volume ruisselé – Volume évacué = **Volume à stocker**



On a donc  $V_{ruisselé} - V_{evacué}$  maximum à  $t_{critique}$ , soit

$$\Rightarrow \left( \frac{d(\Delta V)}{dt} \right)_{t=t_c} = 0$$

Domaine de validité de la méthode : dans la gamme de validité des coef a et b de Montana et pour des projets de superficie de l'ordre de quelques hectares maximum.

### 3.2.1 - Si on raisonne avec le débit de fuite global exprimé en l/s

$$\Rightarrow \left( \frac{d \left( 10 \times S \times C \times a \times t^{(1-b)} - \left( \frac{60}{1000} \right) \times Q_f \times t \right)}{dt} \right)_{(t=t_c)} = 0$$

$$\Leftrightarrow t_c = \left( \frac{60 \times Q_f}{1000 \times 10 \times C \times a \times (1-b) \times S} \right)^{-1/b} \text{ en min}$$

$t_{critique}$  est la durée de la pluie la plus défavorable i.e. la durée de la pluie pour laquelle le différentiel de volume est maximal.

Ainsi  $V_{\text{à stocker}} = (\Delta V)_{t=t_c} \Rightarrow V_{\text{à stocker}} = t_c \times Q_f \times \left( \frac{60}{1000} \right) \times \left( \frac{b}{1-b} \right)$  en  $m^3$

avec  $Q_f$  : Débit de fuite global en l/s  
 $t_c$  : Temps critique en min  
 $b$  : Coefficient de Montana

Connaissant, les coefficients a et b locaux, la surface S et l'occupation des sols moyenne du projet, ainsi que le rejet maximal admissible  $Q_f$ , on peut calculer :

$$\text{Volume global à stocker (m}^3\text{)} = \left( \frac{60 \times Q_f}{1000 \times 10 \times C \times a \times (1-b) \times S} \right)^{\frac{1}{b}} \times Q_f \times \left( \frac{60}{1000} \right) \times \left( \frac{b}{1-b} \right)$$

$$\text{Volume global à stocker} = \left[ \frac{60}{1000 \times 10 \times a \times (1-b)} \right]^{-1/b} \times \left( \frac{60}{1000} \right) \times \left( \frac{b}{1-b} \right) \times S^{1/b} \times Q_f^{1-1/b} \times C^{1/b}$$

où  $Q_f$  = débit de fuite global admissible (en l/s)  
 $C$  = coef de ruissellement moyen (en ha/ha)  
 $S$  = surface totale du projet (en ha)  
 $a, b$  = coefficients de Montana locaux à une fréquence donnée (en minutes)

### 3.2.2 - Si on raisonne avec le débit de fuite unitaire exprimé en l/s/ha

$$\text{Volume à stocker (m}^3\text{)} = \left[ \frac{60}{1000 \times 10 \times a \times (1-b)} \right]^{-1/b} \times \left( \frac{60}{1000} \right) \times \left( \frac{b}{1-b} \right) \times q_f^{1-1/b} \times C^{1/b} \times S$$

où  $q_f$  = débit de fuite unitaire (en l/s/ha)  
 $C$  = coef de ruissellement moyen (en ha/ha)  
 $S$  = surface totale du projet (en ha)  
 $a, b$  = coefficients de Montana locaux à une fréquence donnée (en minutes)



### 3.2.3 - Equation linéarisée adaptée selon les coefficients a et b de Montana de la station de Rouen-Boos (source : Météo-France, cf annexe)

L'équation du volume à stocker est une fonction dépendant de la surface du projet **S** (ha), du débit de fuite admissible **Q<sub>f</sub>** (l/s) et du coefficient de ruissellement moyen **C** (ha/ha).

$$\text{Volume global à stocker} = \underbrace{\left[ \frac{60}{1000 \times 10 \times a \times (1-b)} \right]^{-1/b} \times \left( \frac{60}{1000} \right) \times \left( \frac{b}{1-b} \right)}_{\text{constante}} \times S^{1/b} \times Q_f^{1-1/b} \times C^{1/b}$$

On peut définir une constante en fonction de la fréquence considérée.

Pour les coefficients a et b de Montana de Rouen pour la fréquence centennale, la constante vaut 569 (pour des pluies de 1 heure à 24 heures, a = 20,712 et b = 0,842 ; cf annexe).

Selon les coefficients de ruissellements unitaires retenus par le groupe de travail à la fréquence centennale, on a « l'équation rouennaise » suivante :

$$\text{Volume centennal à stocker (m}^3\text{)} = 569 \times S^{1.19} \times Q_f^{-0.19} \times (0,7C_{\text{imperméabilisation}} + 0,3)^{1.19}$$

- où
- S = superficie totale du projet en ha
  - Q<sub>f</sub> = débit de fuite global du projet (l/s)
  - C<sub>imp</sub> = coef d'imperméabilisation (ha/ha)

Cette équation peut donc être utilisée selon le débit de fuite et la superficie du projet, par tous les aménageurs concernés par un projet d'urbanisation aux alentours de Rouen.

### 3.3 - Méthode des pluies locales « brutes » à durées données

A partir des données brutes du poste Météo France, il est aussi possible d'approcher la durée de la pluie pour laquelle la différence entre le volume ruisselé et le volume évacué par le débit de fuite pendant cette durée sera maximale.

Cette méthode est parfois utilisée par les maîtres d'œuvre. **Elle est cependant moins précise.**

Ici pour exemple, nous utilisons les données de la station de Rouen-Boos (1957-1998), pour la fréquence centennale.

On calcule le volume ruisselé aux différentes durées de pluies disponibles selon la formule

**Volume ruisselé = 10 x P x C x S**

avec P= hauteur de pluie en mm

C= coef de ruissellement moyen du projet enha/ha

S = surface totale du projet en ha

On calcule le volume évacué par le débit de fuite moyen pendant chaque durée de pluie disponibles selon **Volume évacué (m<sup>3</sup>)= Qf x d x 3600 / 1000**

avec Qf = débit de fuite total en l/s

d = durée de la pluie en heure

Le volume à stocker sera la différence maximale entre ces deux volumes.

Surface totale du projet	2 ha
Coef d'imperméabilisation	35 %
Coef de ruissellement centennal	0,55
Débit de fuite total du projet	4 l/s

Durée de pluie (h)	Hauteur de pluie (mm)	V ruisselé (m <sup>3</sup> )	V évacué (m <sup>3</sup> )	V à stocker (m <sup>3</sup> )	Temps de vidange (h)
0,5	30,6	334	7	326	23
1	36,7	400	14	386	27
2	44,8	488	29	460	32
3	52,3	570	43	527	37
6	52,9	577	86	490	34
12	61,5	670	173	498	35
24	72,1	786	346	440	31

MAXIMUM 527 37

On vérifie que le temps de vidange de cet ouvrage dimensionné pour une fréquence centennale est inférieur à 48 heures.

### 3.4 - Comparaison des résultats des deux variantes de la méthode des pluies pour un même exemple, avec et sans infiltration

Exemple : un projet d'urbanisation d'une superficie de 2 hectares dans la région de Rouen d'une vingtaine de lots. La superficie des parties communes imperméabilisées est de 0.3 ha (voirie, parkings...) et celle des parties imperméabilisées de chaque lot est de 200m<sup>2</sup> (toiture, terrasse...).

On distingue deux cas de figure selon que la perméabilité des sols du site serait favorable à l'infiltration.

3.4.1/ Estimation du volume à stocker selon la méthode des pluies linéarisée avec les coefficients a et b de Montana de Rouen-Boos

<u>1<sup>er</sup> cas : l'infiltration n'est pas possible</u>	<u>2<sup>e</sup> cas : l'infiltration est possible</u>
<p><b>1/ calcul du coef d'imperméabilisation total</b> Cimp = somme des surfaces imperméabilisées / surface totale du projet Cimp = [ 0,3 + (20 x 0,02) ] / 2 = 0,7 / 2 = <b>0,35</b></p> <p><b>2/ calcul du volume à stocker par « l'équation rouennaise » avec Qf unitaire = 2l/s/ha :</b> Volume à stocker total = <math>569 \times 2 \times 2^{-0.19} \times (0,7 \times 0,35 + 0,3)^{1.19} = 486 \text{ m}^3</math></p>	<p><b>1/ calcul du volume à stocker total par « l'équation rouennaise » :</b> Volume à stocker total = <math>569 \times 2 \times 2^{-0.19} \times (0,7 \times 0,35 + 0,3)^{1.19} = 486 \text{ m}^3</math></p> <p><b>2/ somme des volumes infiltrés</b> (ici sur la base du volume maximal infiltré = volume ruisselé journalier décennal sur les parties imperméabilisées de chaque lot pour une pluie de hauteur H = 51,4 mm) somme des surfaces imperméabilisées = 0,02 x 20 = 0.4 ha volume ruisselé journalier décennal total = 10 x 51,4 x 0,4 = <b>206 m<sup>3</sup></b></p> <p><b>3/ calcul du volume restant à réguler à l'exutoire, pour un coef de sécurité s=0.3</b> volume restant à réguler = 486 – (206 x (1 – 0,3)) = 486 – (206 x 0,7) = <b>342 m<sup>3</sup></b></p>

3.4.2/ Estimation du volume à stocker selon la méthode des pluies « brutes » avec les données de Rouen-Boos (données MétéoFrance 1957-1998 dans cet exemple)

<u>1er cas : l'infiltration n'est pas possible</u>	<u>2e cas : l'infiltration est possible</u>
<p><b>1/ calcul du coef de ruissellement moyen centennal</b> somme des surfaces imperméabilisées = 0,3 + (0,02*20) = <b>0,7 ha</b> (soit 35 % du projet) somme des espaces verts = 2 - 0,7 = <b>1,3 ha</b> coef de ruissellement centennal moyen = <math>[(0,7*1)+(1,3*0,3)] / 2 = 0,55</math></p> <p><b>2/ calcul du volume maximal à stocker</b> D'après le détail de calcul en page précédente pour les mêmes hypothèses, le volume maximal à stocker centennal est de <b>527 m<sup>3</sup></b></p>	<p><b>1/ calcul du volume à stocker total = 527m<sup>3</sup></b></p> <p><b>2/ somme des volumes infiltrés</b> (ici sur la base du volume maximal infiltré = volume ruisselé journalier décennal sur les parties imperméabilisées de chaque lot pour une pluie de hauteur H = 51,4 mm) somme des surfaces imperméabilisées = 0,02 x 20 = 0,4 ha volume ruisselé journalier décennal total = 10 x 51,4 x 0,4 = <b>206 m<sup>3</sup></b></p> <p><b>3/ calcul du volume restant à réguler à l'exutoire, pour un coef de sécurité s = 0,3</b> volume restant à réguler = 527 – (206 x (1 – 0,3)) = 527 – (206 x 0,7) = <b>383 m<sup>3</sup></b></p>

Dans cet exemple, pour un même projet, les deux variantes amènent à stocker des volumes relativement similaires (moins de 10 % d'écart).

# Annexe



DP/SERVI/FDP

## Annexe 1

### COEFFICIENT DE MONTANA (ajustement par les hauteurs)

STATION DE ROUEN-BOOS ( 76 )

PERIODE : 1957-2000

Durée de retour	Durée des pluies	
	1 heure à 24 heures	
	a	b
2 ans	6.057	0.757
5 ans	9.762	0.795
10 ans	12.310	0.811
20 ans	14.842	0.823
25 ans	15.630	0.826
30 ans	16.352	0.829
50 ans	18.196	0.835
75 ans	19.762	0.840
100 ans	20.712	0.842

Formule de Montana :  $h = a \cdot t^{1-b}$

h = hauteur correspondant au pas de temps considéré, en mm

t = pas de temps en minutes

imp : impossible de calculer les coefficients ( pas assez de valeurs dans l'échantillon )

N.B : Sur la période 1957-2000, l'année 1987 est manquante et les années 1989, 1990, 1991, 1992 sont incomplètes.