Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses

Band: 106 (1980)

Heft: 12

Artikel: Le coefficient d'écoulement maximum: les valeurs utilisées dans la pratique sont-elles trop élevées?

Autor: Kaufmann, P. / Ellenberger, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-73949

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Le coefficient d'écoulement maximum

Les valeurs utilisées dans la pratique sont-elles trop élevées?

par P. Kaufmann et H. Ellenberger, Berne

L'élaboration de la présente recommandation pour déterminer les coefficients d'écoulement maximum nous a été rendue possible par des essais d'arrosage artificiel de divers matériaux de revêtements et par des études sur des écoulements naturels des eaux pluviales de surfaces isolées et de constructions diverses. Elle permet de calculer plus sûrement les débits d'écoulement maximaux d'eaux pluviales dans les réseaux de canalisations.

1. Introduction

Lors des mesures de pluies et d'écoulement des eaux pluviales dans des quartiers de caractère différent, on a pu constater que les débits d'eaux pluviales écoulées étaient notablement plus faibles que ceux déterminés d'après les formules des divers manuels de canalisations. Pour cette raison, l'Office fédéral de la protection de l'environnement nous a confié le mandat d'étudier les pertes d'eaux pluviales dans des quartiers d'habitation, ainsi que de vérifier les coefficients d'écoulement recommandés dans la littérature.

Pour remplir cette tâche, on a arrosé artificiellement différents matériaux de revêtement et étudié des cas de pluie naturelles sur des surfaces isolées, ainsi que pour diverses constructions.

Nous remercions chaleureusement tous ceux qui ont contribué à la réussite de ce travail.

L'étude « Le coefficient d'écoulement maximum — Une étude des pertes d'eaux pluviales dans les quartiers d'hatation » peut être obtenue en prêt auprès de l'Office fédéral de la protection de l'environnement, 3003 Berne.

2. Définition du coefficient d'écoulement maximum et de la part d'écoulement maximum

La plupart des canalisations en système unitaire et les canalisations d'eaux de pluie en système séparatif sont normalement calculées d'après la tabelle d'Imhoff, selon la formule :

$$Q = r_B \cdot \psi_s \cdot F \qquad (1)$$

Q = Débit d'écoulement maximum au point considéré (l/s)

r_B = Intensité de dimensionnement = intensité pluviale moyenne (l/s.ha) dans le temps de dimensionnement T_B, où T_B = durée de pluie déterminante pour le point considéré (= durée d'écoulement et temps de rétention)

ψ_s = Coefficient d'écoulement maximum

F = Surface du bassin versant = surface effective

Le coefficient d'écoulement maximum ψ_s exprime la part de la pluie qui s'écoule, car, sur la quantité d'eau de pluie tombée sur la surface F du bassin versant, une partie seulement parvient dans la canalisation. Le reste de l'eau de pluie est soustrait à l'écoulement par imprégnation de surface, formation de flaques, infiltration, évaporation, etc.

Comme on calcule selon la méthode « tabelle d'Imhoff » avec une intensité de pluie r_B, dite intensité de dimensionnement constante pendant le temps de dimensionnement T_B (= durée d'écoulement + temps de rétention), le coefficient d'écoulement maximum ψ_s d'une zone de construction, figurant dans la formule de dimensionnement (1), correspond à la définition

$$\text{coefficient d'écoulement } \psi_s = \frac{\text{intensité d'écoulement maximum } r_A \text{ (l/s.ha eff.)}}{\text{intensité de dimensionnement } r_B \text{ (l/s.ha)}} \qquad (2)$$

La figure 1 fera encore mieux comprendre ces notions.

L'écoulement maximum est déterminé par les caractéristiques du quartier d'habitation. Plus dense est la construction du quartier, plus il y existe des surfaces qui contribuent à l'écoulement, c'est-à-dire plus grande est la quantité d'eau de pluie qui s'écoule.

Pour le dimensionnement des canalisations, les surfaces qui ont le plus d'importance sont celles qui provoquent *immédiatement* un écoulement *significatif*, ce sont les surfaces dites *étanches*, comme par exemple les routes, les toits, les places de stationnement raccordés à la canalisation. Par contre, les surfaces *non étanches* telles que les jardins, les prés, les parcs publics, etc. ne donnent pas lieu à un écoulement suffisant d'eau dans la canalisation pour que son influence sur l'écoulement maximum soit essentielle (exception : terrains en pente, non aménagés en terrasses, comme par exemple prés en pente, vignobles).

Il est bien connu que l'on définit :

$$\text{Pourcentage de surfaces étanches } \gamma = \frac{\text{la part des surfaces étanches}}{\text{surface totale}} \qquad (3)$$

Pour cette raison, nous définissons, pour une *surface étanche isolée* — comme par exemple un toit de tuiles isolé ou une place de stationnement — le rapport entre l'intensité d'écoulement maximum et l'intensité de dimensionnement, comme étant *la part d'écoulement maximum* α_s :

$$\text{Part d'écoulement maximum } \alpha_s = \frac{\text{intensité d'écoulement max. } r_A \text{ (l/s.ha surface étanche)}}{\text{intensité de dimensionnement } r_B \text{ (l/s.ha)}} \qquad (4)$$

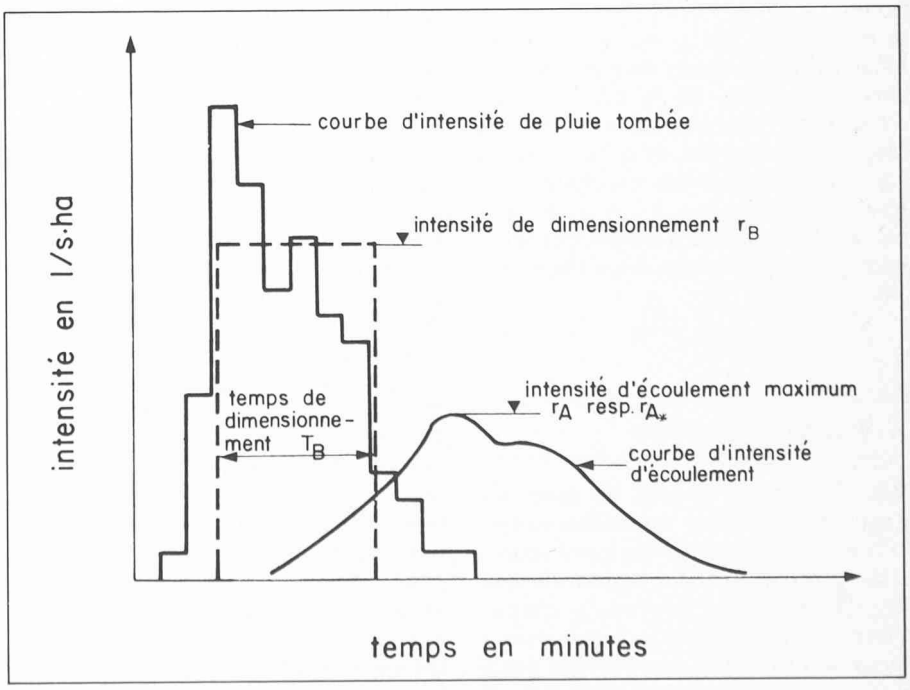


Fig. 1. — Illustration des termes utilisés.

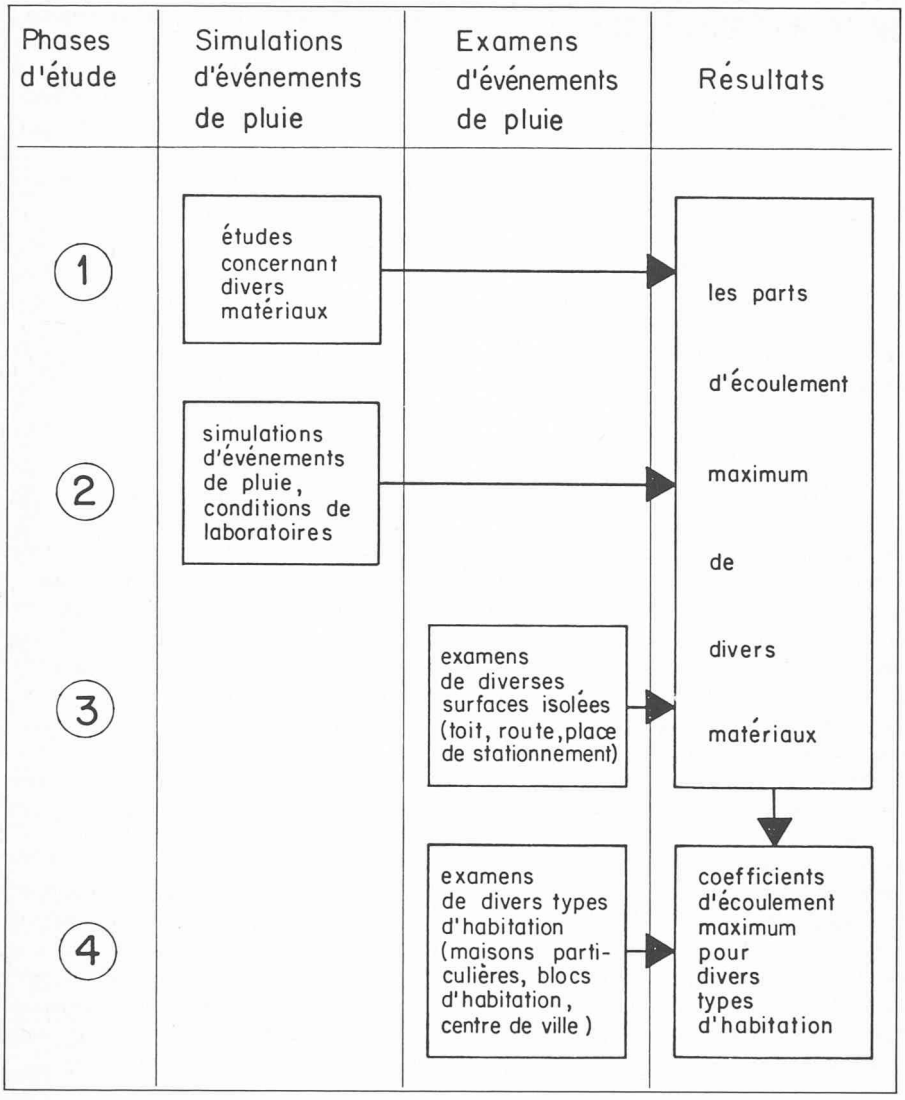


Fig. 2. — Déroulement de l'étude.

Les parts d'écoulement maximum α_s déterminantes pour des matériaux divers comme l'asphalte, tuiles, etc. peuvent être déterminées par des mesures de pluie et d'écoulement sur des surfaces isolées.

Si l'on désigne par $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \ldots \gamma_m$ les différents pourcentages de surfaces étanches au nombre de m d'un quartier d'habitation par rapport à la surface totale de ce quartier, et si l'on connaît les parts d'écoulement maximum correspondantes $\alpha_{s1}, \alpha_{s2}, \ldots, \alpha_{sm}$, on peut calculer le coefficient d'écoulement maximum ψ_s de ce quartier, selon l'équation

$$\psi_s = \sum_{i=1}^{m} \gamma_i \cdot \alpha_{si} \qquad (5)$$

3. Exposé du problème

Dans la pratique actuelle, les conduites d'eaux sont souvent surdimensionnées. Si l'on réussit donc, par des essais appropriés, à déterminer plus exactement que jusqu'à présent les coefficients d'écoulement maximum, les frais à consacrer à la construction des canalisations pourront être réduits, à sécurité égale vis-à-vis des inondations.

La méthode d'après l'équation (5) destinée à fixer le coefficient d'écoulement maximum ψ_s pour un quartier déterminé, n'a de sens que si les caractéristiques d'écoulement des différents matériaux (asphalte, béton, tuiles, etc.) dont se composent normalement les surfaces étanches d'un tel quartier, se distinguent sensiblement les unes des autres.

En conséquence, le but des études visait la détermination de la part d'écoulement maximum de quelques matériaux choisis.

Comme chaque pluie modèle, dans la méthode « tabelle d'Imhoff », est définie par sa *hauteur de pluie* (= intensité de dimensionnement × durée de pluie) il nous a paru approprié de représenter les valeurs α_s, respectivement ψ_s en fonction de la hauteur des pluies.

Ce n'est qu'à la fin des études qu'il fut possible de contrôler, sur la base des résultats, si les valeurs α_s et ψ_s pouvaient être admises comme constantes dans le domaine des hauteurs de pluies usuelles pour le dimensionnement.

Dans diverses zones de construction, on a par la suite vérifié si les valeurs ψ_s, calculées à l'aide des parts d'écoulement, correspondaient aux valeurs effectivement mesurées.

S'il devait résulter de l'étude que les coefficients d'écoulement maximum utilisés actuellement dans la pratique ne sont applicables que de façon limitée, il faudrait proposer les valeurs ψ_s à utiliser à l'avenir (fig. 2).

4. Les pertes d'eaux pluviales de différents matériaux

4.1 *Etudes isolées sur des matériaux sélectionnés*

L'opinion est largement répandue que les surfaces étanches comme les toits, les routes, les places de stationnement, etc. sont à considérer comme imperméables et il ne se produit donc pas de perte, par exemple sous forme d'infiltration. En effet on ne trouve dans la littérature que peu de données sur la capacité d'absorption d'eau de telles surfaces étanches. Pour cette raison, des essais d'arrosage ont été exécutés sur de petites surfaces d'asphalte, de béton, de tuiles et d'Eternit pour obtenir des informations plus précises sur l'absorption d'eau et le processus de séchage de tels matériaux de construction.

Absorption d'eau par arrosage continu

La capacité d'absorption d'eau a varié considérablement suivant la nature du matériau, mais souvent aussi suivant son âge et la qualité de sa fabrication. Dans les dix premières minutes après le début de la pluie, on a enregistré des valeurs entre 0,10 l/m² (Eternit) et 3,10 l/m² (tuile plate, neuve). La plupart des matériaux ont absorbé dans ces dix premières minutes la moitié, ou plus, de la quantité d'eau correspondant à la capacité d'absorption totale (fig. 3 et 4).

Evaporation d'eau

Le processus de séchage, à la *température ambiante*, s'est avéré à peine dépendant du matériau et s'est déroulé avec une lenteur extrême. Exposés au soleil, les matériaux ont séché un peu plus rapidement ; ici aussi, des différences nettes, spécifiques aux matériaux, sont apparues. Il est cependant remarquable que, par exemple, une journée de 9 heures de soleil n'ait pas suffi à sécher complètement un toit de tuiles ou une dalle en béton bien compact, qui avaient été arrosés intensivement pendant une heure (fig. 5 et 6).

4.2 *Essais d'arrosage en laboratoire*

Dans une halle d'essai du Laboratoire fédéral d'essais des matériaux, Dubendorf, on a procédé à des essais d'arrosage avec les matériaux suivants : asphalte, béton, tuiles et Eternit. Le but principal des essais était l'analyse du comportement à l'écoulement de ces matériaux dans des conditions différentes (fig. 7). Dans cette optique, on a varié systématiquement les facteurs suivants :

— humectation préalable,
— pente de la surface d'essai,

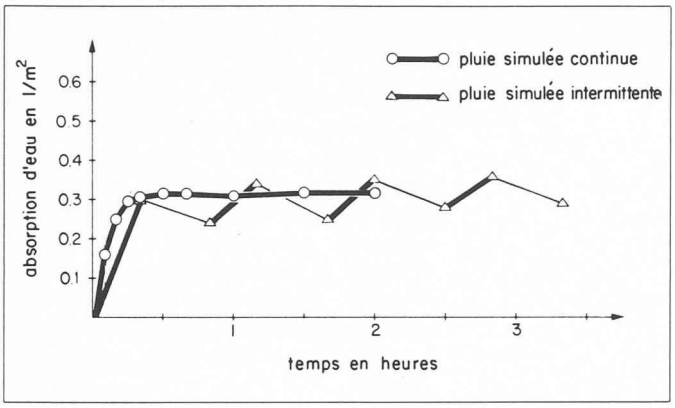


Fig. 3. — Asphalte.
Absorption d'eau lors d'une pluie simulée continue et intermittente.

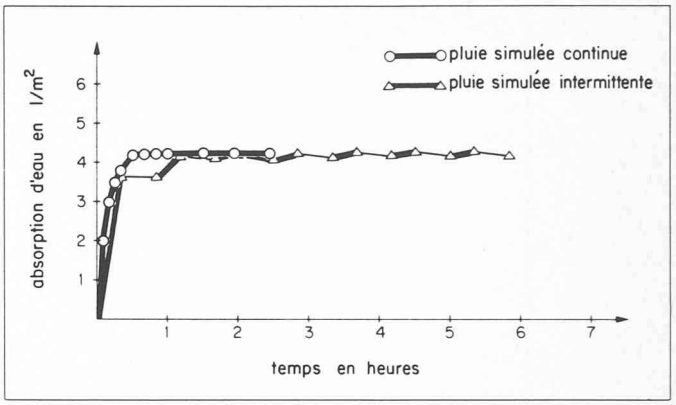


Fig. 4. — Tuile neuve.
Absorption d'eau lors d'une pluie simulée continue et intermittente.

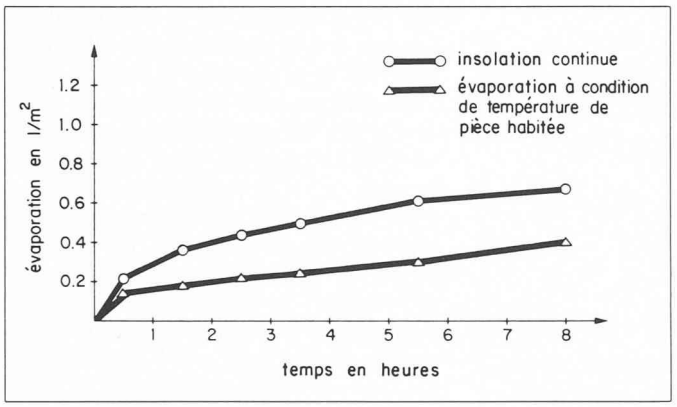


Fig. 5. — Béton de haute qualité. Evaporation d'eau — insolation continue, aux conditions de température de pièces habitées.

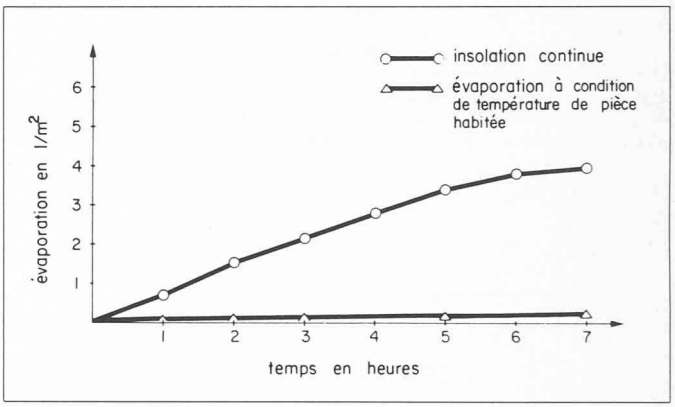


Fig. 6. — Vieille tuile. Evaporation d'eau — insolation continue, aux conditions de température de pièces habitées.

— intensité d'arrosage,

et l'on a évalué les résultats.

Les résultats ont montré très clairement l'interaction étroite des trois paramètres étudiés. On a pu en tirer quelques connaissances importantes.

Humectation préalable

L'influence de l'humectation préalable n'a pas eu la même importance pour tous les matériaux. Elle est apparue le plus nettement pour l'asphalte et pour les tuiles, pour lesquels des pertes notablement plus petites ont été constatées lorsque la surface était mouillée (fig. 8). Pour le béton et l'Eternit, on n'a pu constater aucune influence. La forte différence pour l'asphalte, qui n'était pas prévisible, est à attribuer à la mauvaise qualité du matériau (environ 14 % de porosité, gros pores de part en part).

En vue de cerner l'influence sur la part d'écoulement maximum α_8, on a pu interpréter les résultats des essais en laboratoire comme suit :

L'influence de l'humectation préalable est très importante et doit être prise en considération pour déterminer la relation des parts d'écoulement maximum. Lors du dimensionnement des canalisations, c'est l'intensité d'écoulement *la plus grande possible*, pour une intensité et une durée de pluie données, qui importe ; cela signifie qu'on doit partir de surfaces humidifiées au préalable pour déterminer les parts d'écoulement maximum à appliquer.

Pente de la surface d'essai

L'influence de la pente de la surface sur la part d'écoulement ne s'est pas montrée telle qu'il faille fixer des parts d'écoulement maximum distinctes pour des surfaces horizontales et inclinées.

Intensité d'arrosage

Une influence nette sur les résultats n'a pas pu être constatée. Il est permis de conclure que les parts d'écoulement, pour des hauteurs de pluie au-dessus de 6 mm environ, sont à peine variables.

4.3 *Etude de cas de pluie sur différentes surfaces isolées*

Des parts d'écoulement maximum tirées exclusivement d'essais d'arrosage en laboratoire n'auraient qu'une portée très réduite pour les applications pratiques. Pour cette raison, on a installé sur quatre surfaces isolées, en plein air, des pluviomètres et des appareils destinés à mesurer l'écoulement, et on a évalué au total 52 cas de pluie (fig. 10).

Comme il fallait s'y attendre, on a enregistré sur les surfaces isolées des pertes

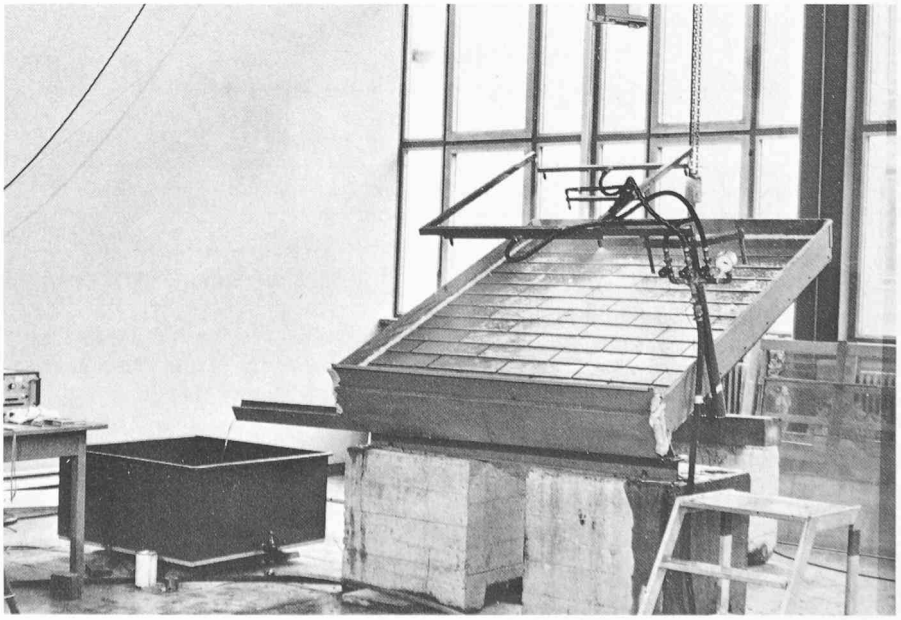


Fig. 7. — Vue sur l'installation d'essais.

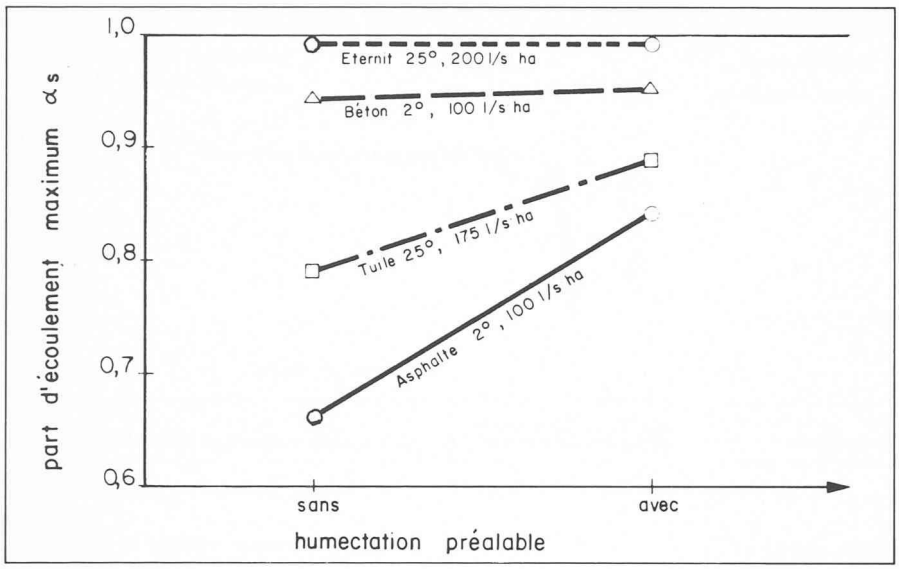


Fig. 8. — Influence de l'humectation préalable sur la part d'écoulement maximum α_s.

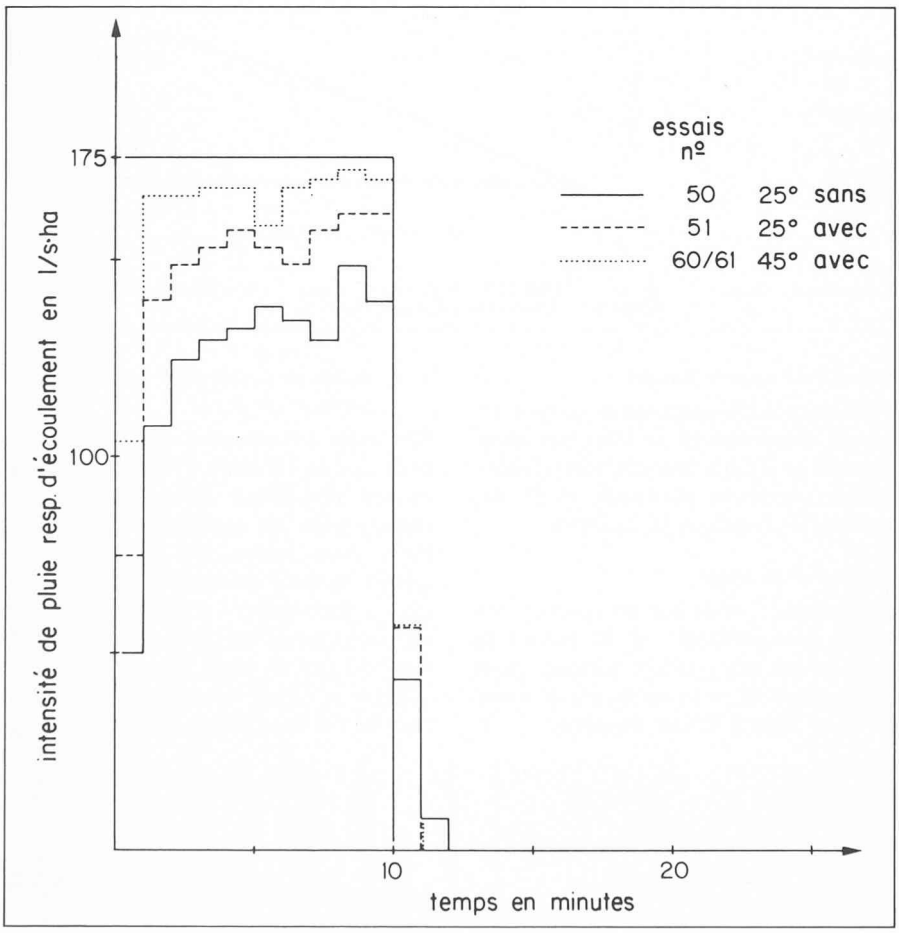


Fig. 9. — Essais de laboratoire : courbe d'écoulement des eaux pluviales — asphalte.

plus grandes qu'en laboratoire. Pour une hauteur de pluie de 9 mm (300 l/s.ha en 5 minutes) on a constaté, par rapport aux résultats de laboratoire, des *pertes supplémentaires* significatives, par suite de formation de flaques, d'infiltrations dans les joints, d'effets de vent, etc. (pour des surfaces humectées au préalable).

	Pertes en l/m², arrosage en laboratoire	Pertes en l/m², étude des surfaces isolées
— asphalte	0,4	1,7
— tuiles	0,8	1,0

5. La part d'écoulement maximum

Sur la base des résultats des essais décrits au chapitre 4, on a pu déterminer les parts d'écoulement maximum α_s des matériaux étudiés.

Comme déjà mentionné, les valeurs α_s seront représentées en fonction de la hauteur de pluie (intensité de pluie × durée de pluie ; la durée de pluie se compose de la durée d'écoulement dans le réseau et du temps de rétention).

Lors des essais, l'intensité de pluie déterminante correspondait à l'intensité d'arrosage choisie comme constante pour chaque essai. Dans le cas des surfaces isolées, on a dû d'abord évaluer les enregistrements des pluies. Au moyen des courbes de pluviographes (enregistrement de la hauteur de pluie en fonction du temps), on a relevé la hauteur de pluie maximale qui s'était produite dans l'intervalle de mesure de 5 minutes, et à partir de cette valeur on a calculé l'intensité de dimensionnement.

Pour la détermination des valeurs α_s, on a procédé selon le schéma donné à la figure 11.

Les évaluations seront représentées, à l'exemple de l'asphalte :

Comme l'asphalte est le revêtement routier le plus utilisé, on a examiné deux surfaces isolées revêtues de ce matériau. Pour les deux surfaces et pour le cas d'une humectation préalable, on a pu déterminer des courbes graphiques nettes dont la valeur α_s. pour une hauteur de pluie de 5 à 20 mm, atteint une valeur pratiquement constante d'environ 0,8. Les résultats obtenus sur les surfaces isolées se distinguaient très nettement des résultats de laboratoire. Les pertes supplémentaires étaient dues avant tout au fait que de l'eau a été retenue dans des creux et des aspérités.

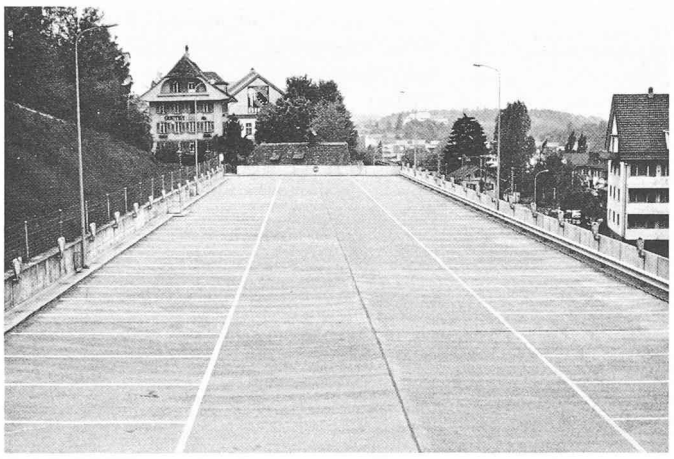
De plus, pour des hauteurs de pluie plus importantes, d'autres pertes difficiles à détecter ont eu lieu, comme par exemple les écoulements à travers des surfaces non étanches. Des reflux aux égouts et dans les canalisations ont provoqué une réduction de l'écoulement maximum et ainsi une réduction supplémentaire de la part d'écoulement maximum α_s (fig. 12).

On a déterminé d'une façon analogue les parts d'écoulement maximum des matériaux Eternit, tuiles, béton et toit plat avec gravier.

En résumé, on a obtenu, pour les surfaces isolées, les résultats suivants (fig. 13) :

Pour les matériaux Eternit, tuiles, asphalte et béton, les relations peuvent être considérées comme confirmées (courbes en trait plein), tandis que pour le toit plat avec gravier, il n'a pas été possible, sur la base des essais, de tirer une courbe confirmée (courbe traitillée).

Si l'on analyse la forme des courbes en figure 13, on constate qu'après une phase initiale fortement croissante dans la zone de hauteur de pluie de 0 à 5 mm, les courbes s'aplatissent rapidement, et, — sauf pour les tuiles — ne croissent que très peu. Cela signifie que, dans le domaine d'application le plus fréquent de 10 à 20 mm de hauteur de pluie, les parts d'écoulement maximum, et donc également les coefficients d'écoulement maximum ψ_s, peuvent être admis comme *constants*. La théorie des coefficients d'écoulement constants, généralement appliquée jusqu'à maintenant dans la pratique, s'avère donc exacte.



Surface isolée, place de stationnement du Gurten.

Surface isolée, toit de tuile à Gümligen.

Fig. 10. — Exemples de surfaces d'essai isolées.

6. Calcul du coefficient d'écoulement maximum ψ_s, à partir des parts d'écoulement maximum α_s

Si, dans un quartier, on multiplie chaque type de surface avec les parts d'écoulement maximum correspondantes et que l'on additionne les valeurs obtenues, on détermine alors le coefficient d'écoulement maximum ψ_s de ce quartier.

Le calcul se fait selon les étapes suivantes :

1. Détermination et classification des surfaces caractéristiques.
2. Relevé exact des surfaces étanches sur le terrain.
3. Calcul des pourcentages de surfaces étanches γ_i.
4. Détermination des parts d'écoulement maximum α_s.
5. Calcul du coefficient d'écoulement maximum ψ_s d'après l'équation (5).

7. Mesure des coefficients d'écoulement maximum de quartiers d'habitation et comparaison avec les valeurs calculées

7.1 *Marche suivie*

Afin de contrôler si les parts d'écoulement maximum α_s données dans la figure 13 conduisent aussi dans la pratique à des coefficients d'écoulement ψ_s utilisables, on a choisi la procédure suivante :

a) Mesures pluviométriques de l'écoulement dans différents quartiers d'habitation et mesures des coefficients d'écoulement maximum ψ_s correspondants, spécifiques du genre d'habitat (nommées valeurs « mesurées »).

b) Calcul des valeurs ψ_s prévisibles pour ce quartier comme indiqué au chapitre 6 (nommées valeurs « calculées »).

c) Comparaison des valeurs de ψ_s mesurées et calculées.

Nous disposions des mesures pluviométriques et d'écoulement de cinq quartiers d'habitation dans lesquels au total 70 cas de pluie avaient été évalués. Le résultat de ce contrôle peut être représenté par l'exemple du quartier de maisons familiales de Küngenmatt (fig. 14).

7.2 *Exemple du quartier d'habitation de Küngenmatt, Zurich*

Le quartier d'essai de Küngenmatt est un quartier typique de maisons familiales groupées, à construction très dense, en ville de Zurich. Le quartier est complètement bâti avec de longs immeubles d'habitation à 3 étages. La surface totale du quartier d'essai se monte à environ 1,1 ha et inclut des surfaces étanches de 40 % environ ; l'asphalte et les tuiles sont les plus utilisées (6 %, respectivement 32 % de la surface totale).

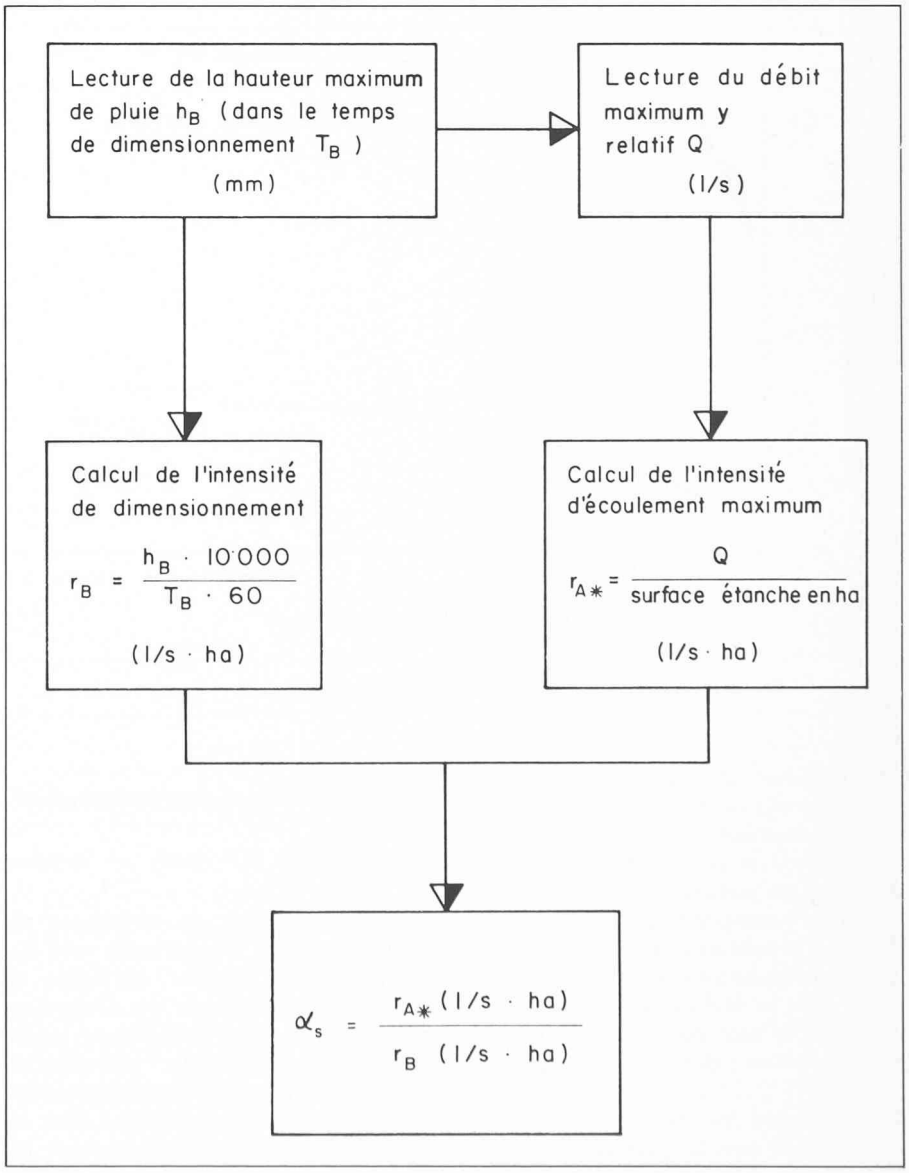


Fig. 11. — Procédure pour déterminer les parts d'écoulement maximum α_s.

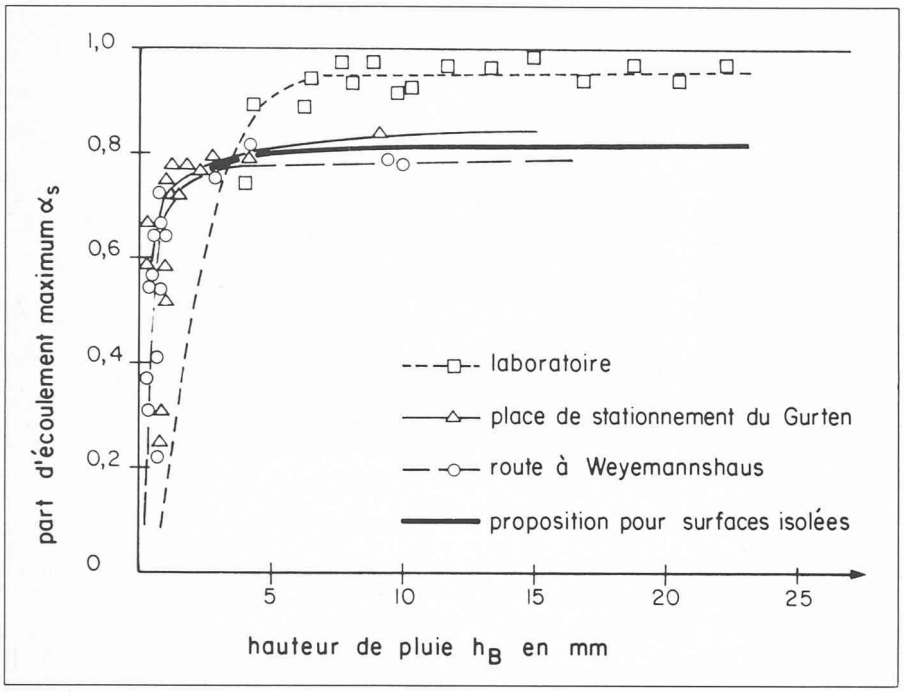


Fig. 12. — Part d'écoulement maximum pour surfaces isolées — asphalte.

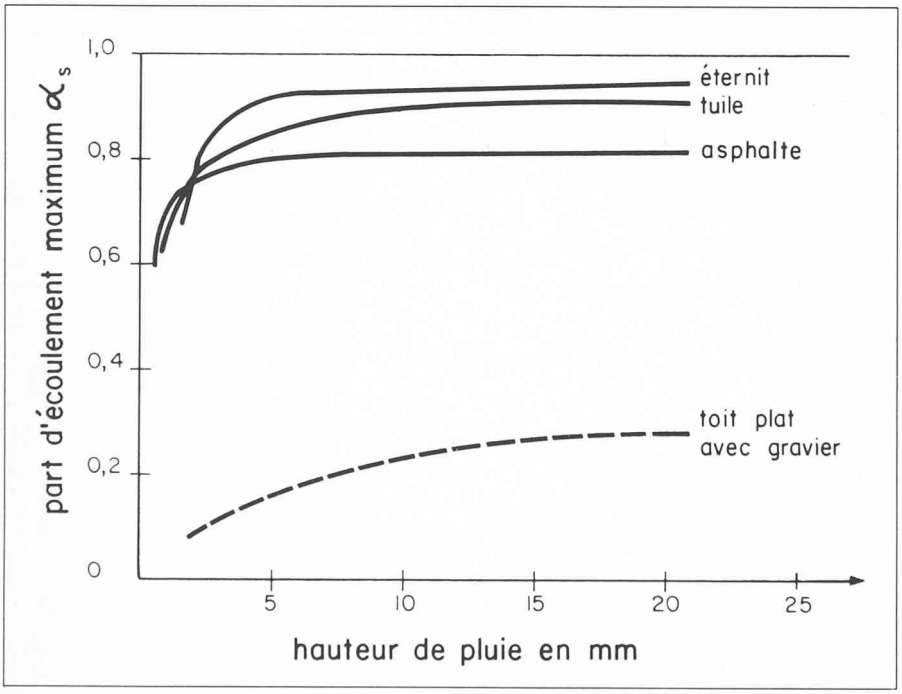


Fig. 13. — Part d'écoulement maximum pour des surfaces isolées.

Le coefficient d'écoulement maximum déterminé par calcul pour une durée de dimensionnement de 6 minutes se monte à $\psi_s = 0{,}35$ et correspond à la valeur déterminante mesurée.

La bonne correspondance entre les coefficients d'écoulement maximum mesurés et calculés confirme que la méthode proposée pour la détermination des valeurs de ψ_s sur la base des surfaces partielles étanches d'un quartier, est applicable.

Il s'avère que les coefficients d'écoulement utilisés dans la pratique, sont dans bien des cas trop élevés par rapport aux résultats de l'étude (fig. 16).

8. Conclusions et recommandations

8.1 *Résultats des études de surfaces isolées*

Pour les matériaux de revêtement de surface les plus fréquemment mis en œuvre comme l'asphalte, les tuiles, le béton et l'Eternit, on a pu déterminer par des essais la part d'écoulement maximum α_s (rapport entre l'écoulement maximum et l'intensité de dimensionnement). Les valeurs mesurées, dans le domaine usuel de dimensionnement de 10-20 mm de hauteur de pluie, étaient pratiquement constantes.

Pour l'application pratique, on a également déterminé, sur la base d'études bibliographiques [1-6] [1] les parts d'écoulement maximum pour d'autres surfaces fréquemment rencontrées mais non comprises dans le programme de mesures décrit dans les chapitres précédents (tableau II).

TABLEAU II

	Part d'écoulement maximum α_s
Toits	
— tuile	0,90
— Eternit	0,95
— toit plat avec gravier	0,25
— tôle, ardoise	0,95
Rues et places	
— asphalte	0,80
— béton	0,80
— pavement sans joints étanches	0,50
— tout-venant compacté	0,25
— pavé gazon	0,15
Espaces verts	
— jardins, prés, parcs publics	0
— forêt	0
— vignobles non aménagés en terrasses	0,30 ÷ 0,50
— prés à forte pente (pente > 10 %)	0,30 ÷ 0,50

8.2 *Recommandation pour la détermination du coefficient d'écoulement maximum*

Pour la détermination du coefficient d'écoulement maximum ψ_s, le pourcentage de surfaces étanches γ est le paramètre déterminant.

Pour des quartiers du même genre de construction, le coefficient d'écoulement maximum peut être admis comme constant. Il peut être déterminé de trois façons :

A) Pour des parties de quartiers représentatives, on multiplie les parts de surfaces des différents matériaux de revêtement avec les parts d'écoulement maximum correspondantes α_{si}, et on additionne les résultats.

$$\psi_s = \sum_{i=1}^{m} \gamma_i \cdot \alpha_{si} \qquad (5)$$

B) Sur la base du pourcentage total de surfaces étanches, on obtient une valeur approchée du coefficient d'écoulement maximum pour un quartier d'habitation, par

$$\psi_s = 0{,}85 \cdot \gamma \qquad (6)$$

Comme le montre la figure 17, les valeurs ψ_s des quartiers étudiés se situent très près de la droite définie dans cette équation (6).

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

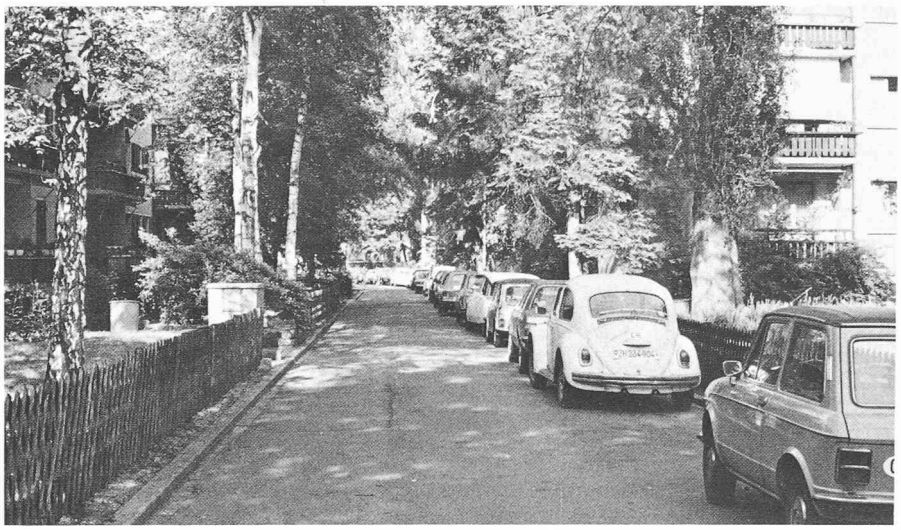


Fig. 14. — Quartier de Küngenmatt, Zurich.

TABLEAU I : *Détermination du coefficient d'écoulement maximum*

Bureau d'ingénieur Balzari Blaser Schudel, Bern

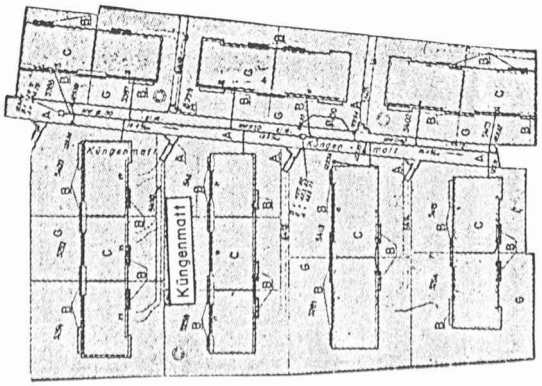
Calcul du coefficient d'écoulement maximal

Mandat: Etude coefficient d'écoulement

Secteur: Kungenmatt, Zurich

Type de surface	matériel	Surfaces en m² avec écoulement dans la canalisation	Surfaces en m² sans écoulement dans la canalisation	% surfaces étanches μ_j	Part écoulement maximum α_j	$\mu_j \times \alpha_j$
Toits	tuile	3'509		0,318	0,90	0,286
	éternit					
	plat avec gravier					
	tôle, ardoise					
Rues et places	asphalte	728		0,066	0,80	0,053
	béton					
	pavement					
	tout-venant compacté		27	0,002		
	dalle à gazon					
	balcons (béton)	122		0,011	0,80	0,009
	chemins d'accès		492	0,045		
Espaces verts	jardins, prairies		6'147	0,558		
	forêts					
	vignobles					
	prairies à forte pente >10%					
Total		4'359	6'666	1.00		ψ_s = 0,35

Situation:



C) Suivant la zone de construction caractérisée par des critères dépendant des surfaces étanches, on peut tirer du tableau III le coefficient d'écoulement maximum.

Pour fixer les caractéristiques d'une zone de construction, il faut étudier, outre le nombre d'étages, le coefficient d'utilisation du sol et le genre des places de stationnement. On obtient ainsi, pour un quartier d'habitation, les parts de surfaces pour les *toits, routes et places de stationnement* déterminantes pour l'écoulement maximum.

Le tableau pourra être utilisé surtout pour des quartiers neufs, pour lesquels les pourcentages de surfaces étanches ne peuvent être déterminés que sur la base des prescriptions de la police des constructions et des prescriptions de zones.

8.3 *Conclusions*

L'étude des pertes d'eaux de pluie dans des quartiers d'habitation permet de tirer les conclusions suivantes :

— Actuellement, on utilise dans la pratique des coefficients d'écoulement maximum très divers, et, dans de nombreux cas, trop élevés.

— Le rapport entre les surfaces étanches (toits, routes, etc.) et la surface totale, désigné par le coefficient γ, est déterminant pour l'écoulement maximum de fortes pluies, d'un quartier d'habitation.

— A l'aide de ce pourcentage, on obtient approximativement le coefficient d'écoulement maximum : $\psi_s = 0{,}85 \cdot \gamma$.

— Le coefficient d'écoulement maximum peut aussi être déterminé comme la somme des écoulements partiels des diverses surfaces étanches. Les bases nécessaires pour cette détermination ont été élaborées.

— Les caractéristiques des zones de construction selon des critères dépendant du pourcentage de surfaces étanches permettent de fixer des coefficients d'écoulement maximum déterminants pour des quartiers neufs.

Espérons que les études des processus d'écoulement de fortes pluies, dans des quartiers d'habitation, pourront encore être approfondies. En particulier, il nous paraît souhaitable de pousser plus loin l'étude de l'écoulement des eaux pluviales pour les prés en pente et les toits plats. Ces deux cas n'ont encore pu être étudiés à fond.

Adresse des auteurs :

P. Kaufmann et H. Ellenberger, Dr sc. ec.
Balzari Blaser Schudel SA
Ingénieurs et planificateurs
Kramburgstrasse 14
3006 Berne

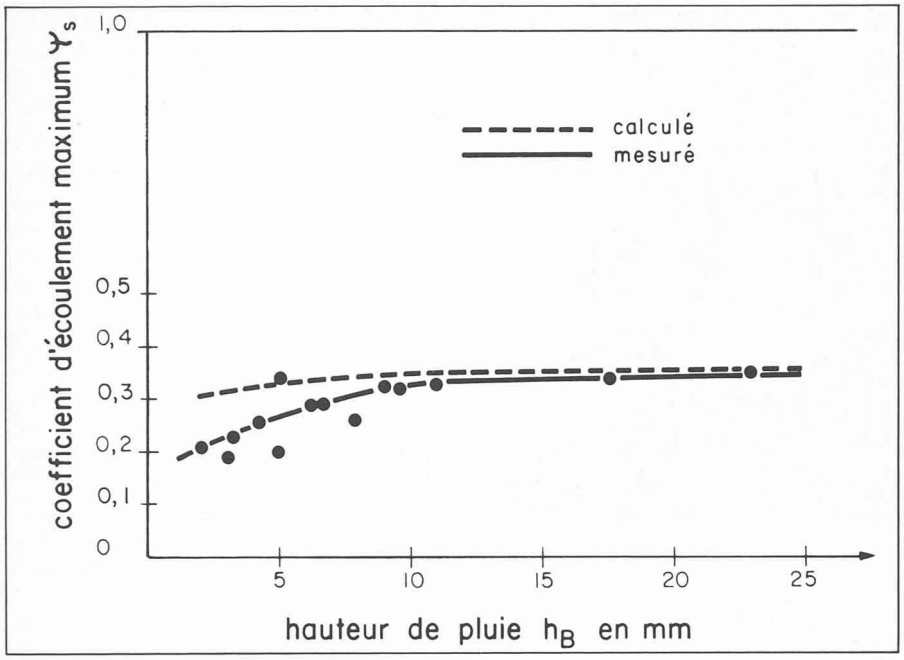


Fig. 15. — Quartier de Küngenmatt, Zurich, à maisons locatives. Coefficient d'écoulement maximum mesuré et calculé.

Bibliographie

[1] MUNZ, W. : *Abwasser*, 4. Auflage, Zürich 1975.

[2] PECHER, R. : *Der Abflussbeiwert und seine Abhängigkeit von der Regendauer*, TH München, Heft Nr. 2, 1969.

[3] KESER, J. : *Folgerungen an dem Abflussverhalten befestigter Flächen für die Bemessung von Regenwasserkanälen*, TU Hannover, Heft 27, 1973.

[4] BRAUN, H. : *Beitrag zur Beurteilung und Ermittlung von Oberflächenabflüssen auf unbebauten Siedlungsflächen*, Diss. TH Braunschweig 1961 — Versuchsergebnisse.

[5] EMMETT, W. W. : *The Hydraulics of Overland Flow Hillslopes*, Geological Survey Professional Paper 662-a, Washington 1970.

[6] MARR, G. : *Systemtheoretische Ansätze zur Kanalbemessung*, Berichte aus dem Institut für Wasserwirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen, TU München, Heft Nr. 7, 1974.

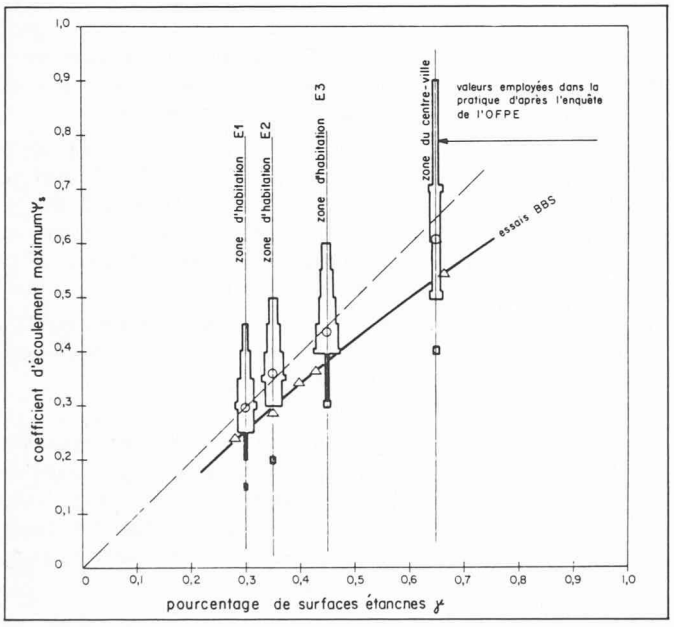


Fig. 16. — Coefficients d'écoulement maximum ψ_s par rapport au pourcentage de surfaces étanches γ. Comparaison des valeurs utilisées dans la pratique avec celles que l'étude a permis de mesurer.

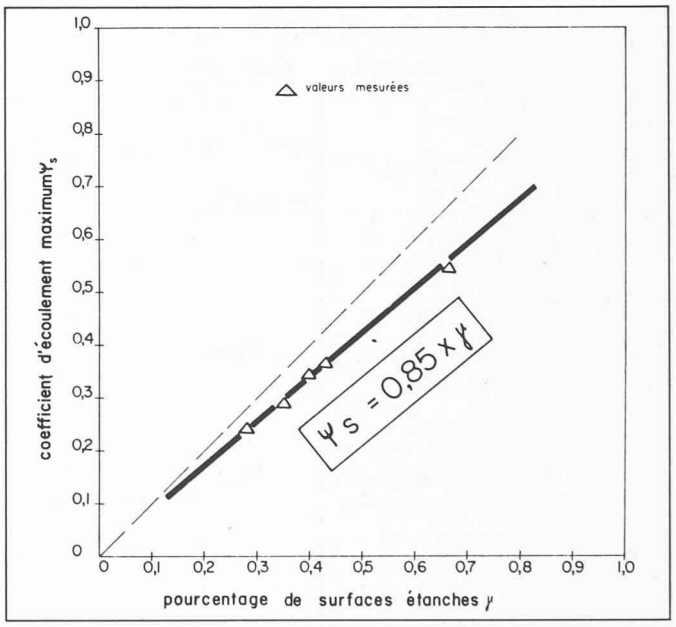


Fig. 17. — Diagramme pour déterminer les coefficients d'écoulement maximum.

TABLEAU III : *Coefficient d'écoulement maximum pour des zones à bâtir caractéristiques*

Caractéristiques de la zone à bâtir		Indices caractéristiques			Part de surfaces étanches typiques				Coefficient d'écoulement maximum ψ_s
construction existante	prescription de zone	taux d'utilisation	nombre d'étages	stationnement	toit	route	place de stationnement	total	
maisons familiales construction à densité très faible	H1, MF1, MF2, HR, R	0,2	1-2	individuel	12	15	3	30	0,25
maisons familiales construction à densité élevée	H2, MF2	0,3	2	individuel	15	15	5	35	0,30
maisons familiales construction à densité accrue	zone soumise à des prescriptions spéciales	0,4	1-2	en partie collectif et souterrains	18	17	5	40	0,35
immeubles densité faible	H2	0,4	2-3	en surface, garages individuels	15	15	5	35	0,30
immeubles densité assez élevée	H3	0,6	3	en surface, garages individuels	20	15	10	45	0,40
ensemble d'habitation	H3, H4 zone soumise à des prescriptions spéciales	0,6-0,7	3-6	garages souterrains	18	15	5	38	0,35
zone mixte habitat/artisanat densité faible	HA2, HA3	0,5-0,6	2-3	individuel	30	15	10	55	0,45
zone mixte habitat/artisanat densité élevée	HA2, HA3, HA4	0,6-0,7	2-4	individuel	40	15	15	70	0,60
centre - villages	CV	0,5	2-3	individuel	30	20	5	55	0,45
centre - villes	CU	bis 1,0	3-5	individuel	40	30	5	75	0,65
constructions particulières (maisons en terrasse, gratte-ciel, constructions basses à densité accrue)	*	*	*	*	Selon étude spéciale d'après la proposition A				