Toitures vertes : évacuation des eaux pluviales

Les toitures vertes constitueraient une technique de construction durable. Elles permettraient en effet d'optimiser la gestion des eaux dans les villes via une diminution de la quantité d'eau de pluie déversée dans les égouts. En outre, la qualité de l'eau évacuée par le biais de ces toitures serait telle qu'elle pourrait être utilisée pour la plupart des applications domestiques. Le présent article expose la vaste campagne de monitoring qui a été menée par le CSTC afin de vérifier ces hypothèses.

1 INTRODUCTION

Les toitures vertes sont des toitures multi-couches dont la finition de surface est constituée par une végétation. La figure 1 fournit une représentation schématique d'un certain nombre de compositions typiques.

On distingue généralement deux types de toitures vertes :
- les toitures à végétation intensive
- les toitures à végétation extensive.

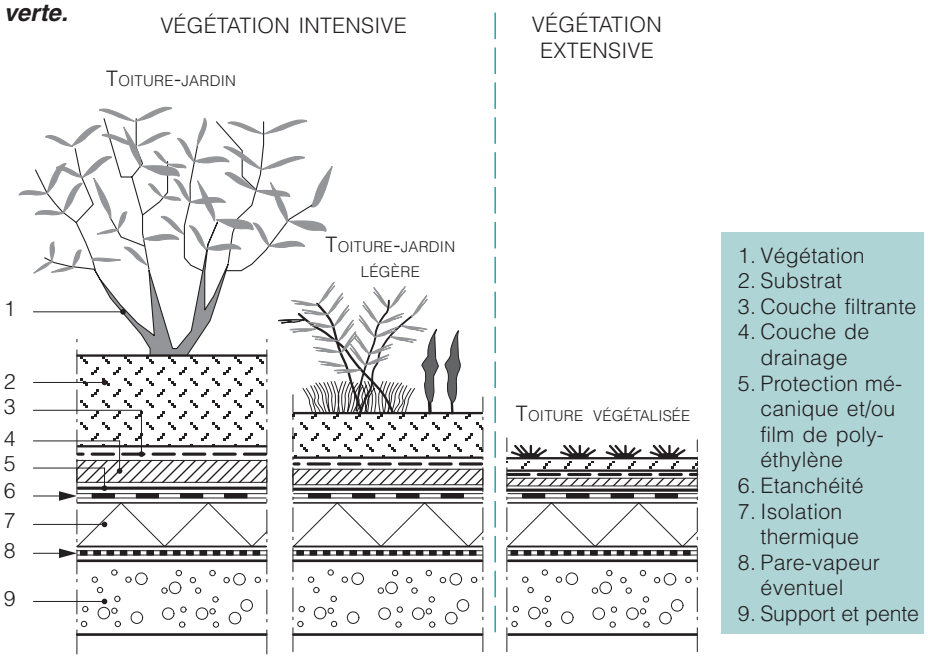
Le premier groupe se caractérise par une épaisse couche de substrat dans laquelle il est même possible de planter des arbres. Les toitures appartenant au deuxième groupe possèdent quant à elles une couche de substrat plus fine et ne sont bien souvent pas accessibles.

Bien que leur succès soit récent dans notre pays, les toitures vertes ne constituent pas un concept nouveau. Au contraire, leur histoire remonte très loin dans le temps, puisqu'on en retrouve déjà les premières traces au VIIe siècle avant J-C avec les célèbres jardins suspendus de Babylone, l'une des sept merveilles du monde.

A l'heure actuelle, on estime que les toitures vertes constituent une technique de construction durable dans les régions urbaines car elles *offriraient* de nombreux avantages :
- amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments par le biais d'une diminution des gains de chaleur en été et des déperditions thermiques en hiver
- optimisation du climat intérieur :
  – en maintenant le bâtiment au frais en été
  – en promouvant les propriétés acoustiques de la toiture
- amélioration de la gestion des eaux dans les villes :
  – en limitant la quantité totale d'eaux pluviales déversée dans les égouts (à la suite de l'évapotranspiration des plantes, qui permet de rejeter une grande partie des précipitations dans l'atmosphère)
  – en réduisant la fréquence et le fonctionnement des déversoirs d'orage des égouts (de sorte que la quantité d'eau polluée déversée dans les rivières diminue) et de la fréquence d'inondation des parties du réseau public d'évacuation situées en aval
  – en améliorant la qualité des eaux pluviales évacuées par le biais de l'action filtrante des différentes couches de la toiture verte (ce qui entraîne une fois de plus une augmentation des possibilités de réutilisation).

✍ *De Cuyper K., ir., chef de la division 'Equipements techniques et automatisation', CSTC*
Dinne K., ing., chef du laboratoire 'Microbiologie', CSTC
Van De Vel L., ex-CSTC

***Fig. 1** Représentation schématique de plusieurs compositions typiques de toiture verte.*



Afin de pouvoir quantifier et appuyer ces hypothèses, le CSTC a mené une vaste campagne de monitoring sur différents types de toiture dont les résultats sont présentés ci-après.

2 RECHERCHE MENÉE PAR LE CSTC

2.1 Description des toitures

Onze toitures ont au total été analysées :
- neuf toitures vertes (7 toitures extensives avec une épaisseur de substrat de 20 à 80 mm et 2 toitures intensives avec une épaisseur de substrat respective de 140 et 200 mm)

***Tableau 1** Différenciation des divers types de toiture verte.*

Caractéristiques	Végétation intensive		Végétation extensive
	Toiture-jardin	*Toiture-jardin légère*	*Toiture végétalisée*
Epaisseur du substrat	≥ 0, 25 m	entre 0,1 et 0,25 m	≤ 0,1 m
Poids propre de la toiture verte	≥ 400 kg/m^2	100 à 400 kg/m^2	30 à 100 kg/m^2

Tableau 2 ***Composition des toitures testées par le CSTC.***

Toiture n°	Composition et épaisseur			Couche de végétation
	Couche de drainage	*Filtre*	*Substrat*	
2	Feutre recouvert d'une membrane PVC à relief (contenance en eau de 3 l/m²) et remplit de pellets en argile expansée (30 mm)	Feutre (5 mm)	Tourbe (40 mm)	Végétation extensive (principalement sédum et mousse)
3	Treillis en PE couvert de feutre (20 mm)		Pellets minéraux (80 mm)	Végétation extensive (principalement sédum et mousse)
4	Panneaux à base de flocons PUR (30 mm)	Feutre PE (fibres PE non tissé) (5 mm)	Mélange de pouzzolane, de tourbe et d'écorces compostées (50 mm)	Végétation extensive (principalement sédum et mousse)
5	Treillis en PE couvert de feutre (15 mm)		Compost (20 mm)	Végétation extensive (principalement sédum et mousse)
8	Membrane à relief en PS expansé (contenance en eau de 13 l/m²) (54 mm)	Feutre PP (2 mm)	Mélange de matériaux minéraux (pellets de lave) et organiques (compost, tourbe, …) (80 mm)	Végétation extensive (principalement sédum et mousse)
9	Membrane à relief en PVC (contenance en eau de 5 l/m²) (20 mm)	Feutre PP (2 mm)	Mélande de matériaux minéraux (pellets de lave) et organiques (compost, tourbe, …) (40 mm)	Végétation extensive (principalement sédum et mousse)
10	Membrane en polystyrène extrudé (80 mm)	Feutre PP (15 mm)	65 mm	Végétation extensive (principalement sédum et mousse)
6	Billes agglomérées en PS expansé (65 mm)	Feutre PP (< 1 mm)	Compost (140 mm)	Végétation intensive (fusain d'Europe, genêt, tormentille, …)
7	Pellets en argile expansée (30 mm), feutre (15 mm), pellets en argile expansé (70 mm)	Feutre (15 mm)	Compost, mélangé à des pellets en argile expansée (200 mm)	Végatation intensive (lierre terrestre, lavande, chèvrefeuille, immortelle, …)
1	Toiture de référence recouverte d'une couche de gravier de 50 mm d'épaisseur			
11	Toiture de référence nue			

- 2 toitures plates traditionnelles, dont l'une était nue et l'autre recouverte d'une couche de gravier de 50 mm d'épaisseur (diamètre des grains compris entre 4 et 30 mm).

Ces toitures, qui possèdent une surface d'environ 7,5 m² (7,5 m x 1 m), ont été mises en œuvre côtes à côtes au-dessus du bâtiment principal de la station expérimentale du CSTC à Limelette. Le tableau 2 (ci-dessus) donne un aperçu de leurs principales caractéristiques.

La pente du support était de 2 %, de sorte que le drainage de la toiture s'effectuait dans le sens de la longueur.

L'eau s'écoulait des toitures via une ouverture d'évacuation située au centre de la rive la plus basse et dirigée vers un système déterminant la quantité d'eau évacuée par toiture : un conduit vertical DN 125 d'une longueur de 3 m, dont l'extrémité inférieure est bouchée par une vanne pneumatique et au sein duquel on détermine le niveau d'eau accumulée à l'aide d'un manomètre.

En cas de dépassement du niveau d'eau maximum, celle-ci était automatiquement évacuée via l'ouverture de la vanne pneumatique.

2.2 Campagne de mesures

Le comportement thermique et l'évacuation des eaux pluviales des différentes toitures ont fait l'objet d'un suivi permanent de juin 2002 à fin mai 2003. Entre avril et décembre 2003, un certain nombre d'échantillons des eaux pluviales évacuées ont été prélevés de manière ponctuelle et soumis à une analyse biochimique. Par ailleurs, les toitures ont été exposées à un arrosage artificiel à intensité constante afin de déterminer leur comportement hydraulique et une étude a été menée (in situ) en ce qui concerne les performances acoustiques d'un certain nombre de toitures réelles. Durant la campagne d'essai, une étude comparative des méthodes actuelles de détermination de la résistance aux racines des membranes d'étanchéité a également été réalisée.

Cet article se limite toutefois à analyser les résultats portant sur le comportement hydraulique et la qualité des eaux pluviales évacuées.

3 COMPORTEMENT HYDRAULIQUE

3.1 Evacuation des eaux pluviales à long terme

Le tableau 3 (p. 3) fournit un aperçu de la quantité totale d'eaux pluviales évacuée par le biais de chacune des toitures durant les différentes saisons. Les mesures ont été réalisées entre le 23 juin 2002 et le 24 mai 2003.

Le graphique à la figure 2 (p. 3) illustre la fraction évacuée à long terme, c'est-à-dire la relation entre la quantité d'eau évacuée par une toiture donnée et celle évacuée par la toiture de référence nue n° 11, exprimée en pourcent.

Il ressort de cette figure que la rétention des toitures vertes dépend des saisons : au prin-

Tableau 3 ***Quantité totale d'eau pluviale évacuée à partir des différentes toitures.***

Toiture		Saison			
N°	*Type*	*Eté* (23/06/02-22/09/02)	*Automne* (23/09/02-23/12/02)	*Hiver* (24/12/02-20/03/03)	*Printemps* (21/03/03-24/05/03)
2	Extensive (40 mm)	83 l/m²	152 l/m²	229 l/m²	29 l/m²
3	Extensive (80 mm)	148 l/m²	170 l/m²	238 l/m²	40 l/m²
4	Extensive (50 mm)	135 l/m²	176 l/m²	243 l/m²	39 l/m²
5	Extensive (20 mm)	142 l/m²	180 l/m²	250 l/m²	51 l/m²
8	Extensive (80 mm)	154 l/m²	181 l/m²	230 l/m²	48 l/m²
9	Extensive (40 mm)	153 l/m²	181 l/m²	249 l/m²	51 l/m²
10	Extensive (65 mm)	157 l/m²	169 l/m²	234 l/m²	43 l/m²
6	Intensive (140 mm)	74 l/m²	112 l/m²	220 l/m²	7 l/m²
7	Intensive (200 mm)	87 l/m²	120 l/m²	220 l/m²	13 l/m²
1	Toiture de référence (avec couche de gravier)	214 l/m²	200 l/m²	237 l/m²	83 l/m²
11	Toiture de référence (nue)	226 l/m²	230 l/m²	256 l/m²	122 l/m²

temps (fraction évacuée de 6 à 51 %), les toitures présentent en effet une rétention plus importante qu'en hiver (fraction évacuée de 86 à 98 %).

Le type de toiture exerce aussi une influence considérable sur la fraction évacuée à long terme :

- on peut affirmer que plus l'épaisseur du substrat augmente, plus la fraction évacuée est petite. Ceci est clairement mis en évidence par la figure 3 (p.4). Si les toitures extensives retiennent ± 30 % des eaux pluviales sur un an, les toitures intensives (n° 6 et 7) ont, quant à elles, une rétention de près de 50 %
- une conception adéquate de la toiture permet toutefois aussi d'obtenir une faible fraction d'évacuation. C'est par exemple le cas pour la toiture n° 2 (avec une épaisseur de substrat de seulement 40 mm), dont les bonnes performances sont probablement dues à la combinaison de différentes couches possédant des propriétés rétentrices d'eau au droit de la couche de drainage (les membranes PVC à relief, la couche de feutre sous-jacente et le remplissage de billes d'argile).

La rétention des toitures vertes ne peut donc être caractérisé par une valeur unique s'appliquant à tous les types de toitures vertes.

3.2 Evacuation en cas d'averses

3.2.1 Evacuation des eaux pluviales par temps orageux

Durant la campagne de mesures, plusieurs orages ont eut lieu.

La figure 4 (p. 4) représente l'évolution dans le temps de l'évacuation des eaux pluviales sur les toitures durant un tel orage.

On peut déduire de ce graphique que le débit de pointe est plus faible dans le cas des toitures vertes que dans celui de la toiture de référence nue n° 11 et qu'il se présente en outre plus tard. Cette influence est illustrée de façon plus claire dans le graphique de la figure 5 (p. 4).

Le débit de pointe de la toiture de référence nue n° 11 est de 0,832 l/min.m² à 14h32. Le débit de pointe de la toiture verte extensive n° 2 est de 0,433 l/min.m² à 14h40. Cela signifie que le débit de pointe diminue jusqu'à 52 % par rapport à la toiture nue et est de plus postposé de 8 minutes.

Fig. 2 ***Fraction d'évacuation à long terme des différentes toitures.***

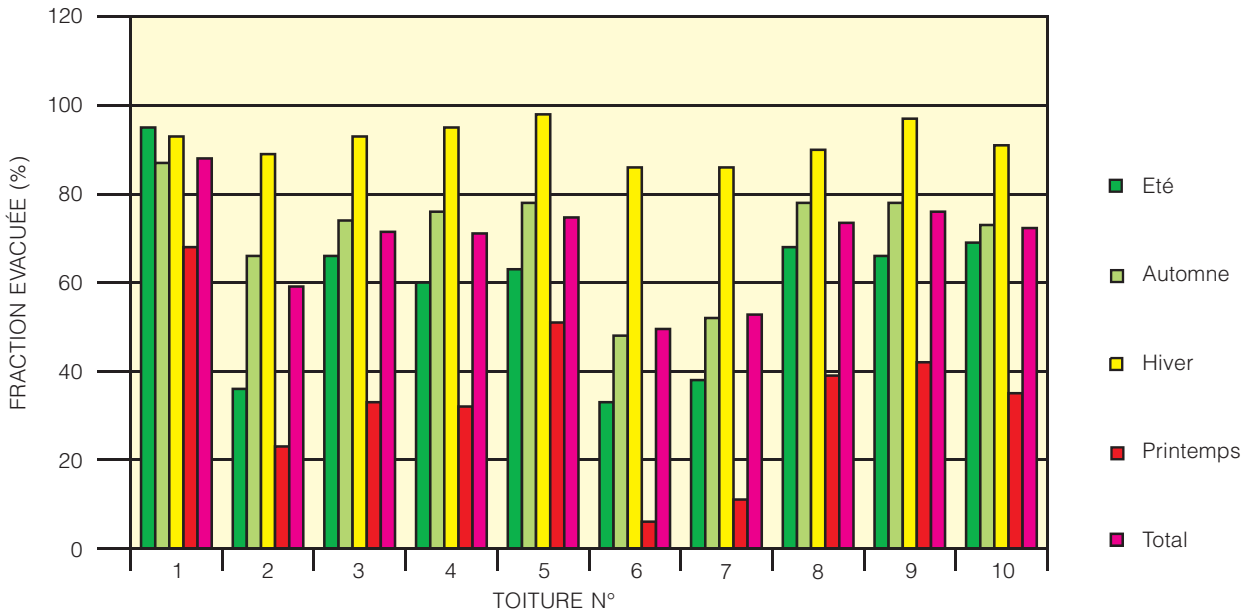


Fig. 3 ***Relation entre la fraction évacuée à long terme et l'épaisseur du substrat.***

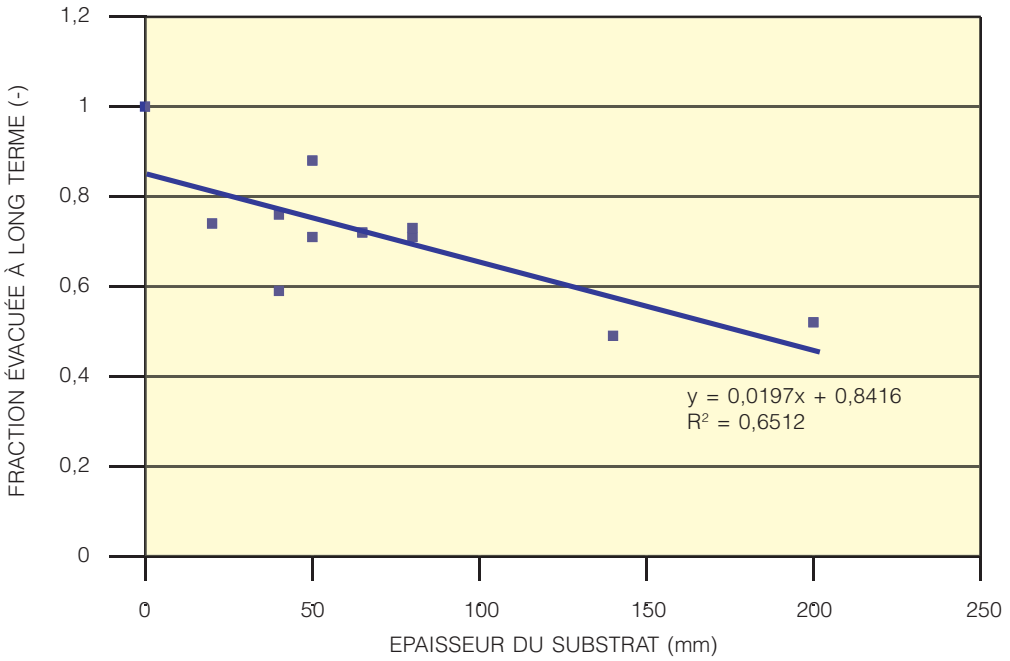


Fig. 4 ***Evacuation des eaux pluviales durant un orage (averse à 14h32).***

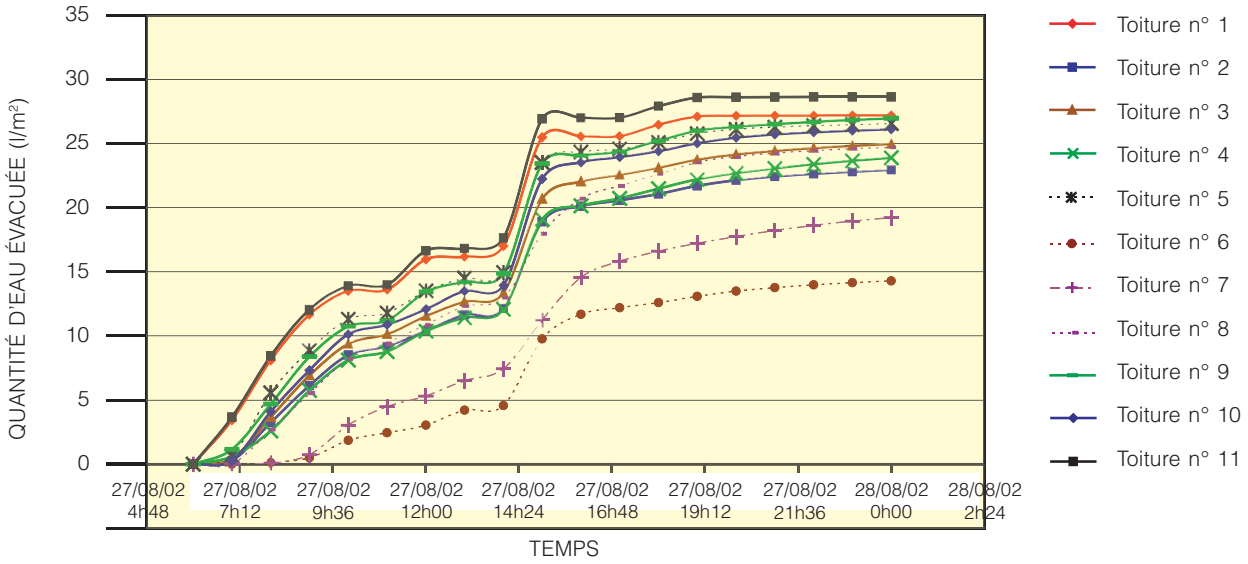
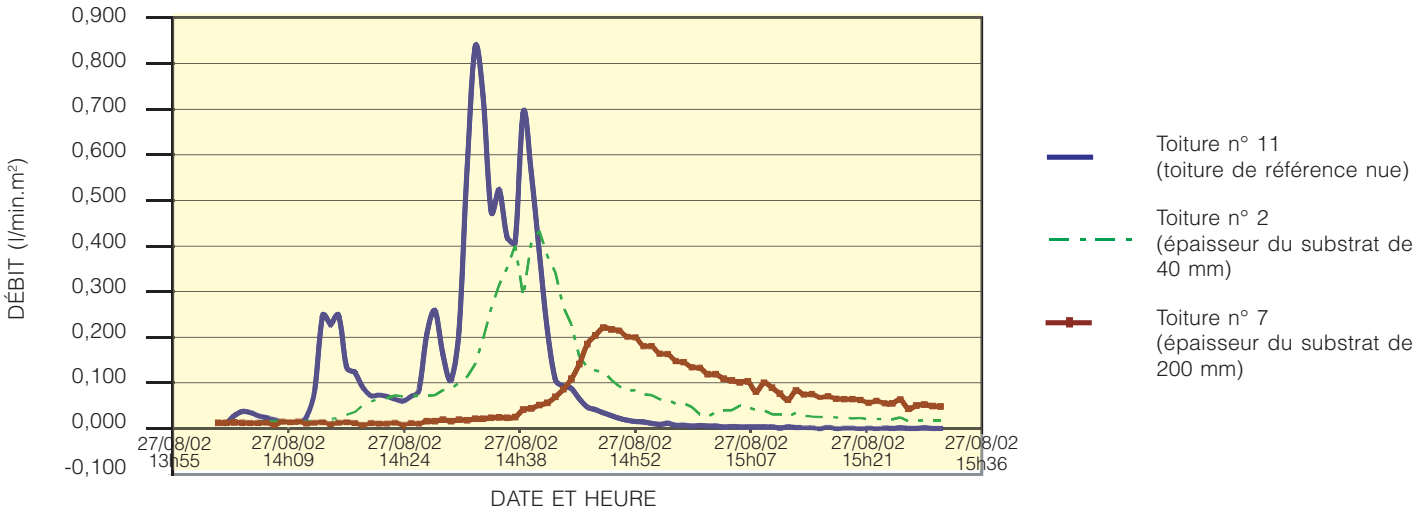


Fig. 5 ***Débit évacué par les toitures n° 2, 7 et 11 durant un orage.***



La toiture verte intensive n° 7 présente un débit de pointe d'à peine 0,221 l/min.m^2 à 14h48, ce qui correspond à une diminution jusqu'à 26 % et à un report de 16 minutes.

Il ressort de ces mesures que la diminution (parfois substantielle) des débits de pointe et leur report sont étroitement liés au type de toiture verte.

3.2.2 Détermination des coefficients de retardement des toitures vertes

Si les débits d'eau à évacuer des toitures vertes sont moins importants, on pourrait envisager de limiter les diamètres du système d'évacuation.

Selon le norme européenne NBN EN 12056-3 [2], il convient de déterminer le débit évacué par une toiture (Q), à l'aide de la formule suivante :

$$Q = r \cdot A \cdot C \text{ (l/s)}$$

où :
r = l'intensité pluviométrique (en l/s.m^2), qui doit être définie par chaque pays
A = la surface de la toiture (en m^2)
C = le coefficient de retardement (sans dimension), qui doit aussi être déterminé séparement par chaque pays.

C'est donc au moyen de ce facteur C que l'influence des toitures vertes sur l'amortissement des débits de pointe peut être prise en compte dans les calculs. La norme européenne ne fournit cependant pas de valeurs pour ce facteur C. Par contre, quelques valeurs ont été proposées (voir tableau 4) dans un projet de norme allemand DIN 1982-2 de 2001.

Par ailleurs, une méthode d'essai en vue de la détermination de ces facteurs a été mise au point en Allemagne [1]. Celle-ci consiste à mesurer la quantité d'eaux pluviales évacuée sur une période de 30 minutes. Cet essai est réalisé sur des modèles de toiture d'une largeur de 1,25 m, d'une longueur de 10 m, avec une pente de 2 % et qui sont, au début de l'essai, soumises à un arrosage artificiel d'une intensité constante de 0,03 l/s.m^2 durant 15 minutes.

Le coefficient de retardement se calcule comme la relation entre le volume évacué et le volume arrosé en 15 minutes. Vingt-quatre heures avant l'exécution de l'essai, la toiture est saturée par arrosage (0,03 l/s.m^2) jusqu'à l'obtention d'une évacuation constante durant 10 minutes. Cette approche implique qu'une averse d'une intensité de 0,03 l/m^2 et d'une durée de 15 minutes est considérée comme l'averse de référence en Allemagne. En Belgique, une telle averse ne se produit seulement en moyenne qu'une fois tous les 250 ans.

Le CSTC a, à son tour, tenté d'évaluer les coefficients de retardement des toitures vertes étudiées (voir tableau 5). La méthode utilisée (à l'aide du système d'arrosage présenté à la figure 6) est quelque peu différente de celle employée en Allemagne. Les raisons en sont les suivantes :

- le Centre voulait obtenir des valeurs correspondant plus à un scénario catastrophe par la simulation d'une situation dans laquelle de l'eau avait déjà été évacuée de la toiture avant l'averse (voir tableau 5)
- il existe actuellement une controverse en Belgique concernant l'intensité de la pluie qu'il y a lieu de prendre en considération dans le cadre du calcul susmentionné selon la norme NBN EN 12056-3 : 0,0167, 0,025, 0,033 ou 0,05 l/s.m2.

La figure 7 (p. 6) illustre l'évolution de la quantité d'eau évacuée par la toiture n° 6 en cas d'arrosage à 0,033 l/s.m^2. A l'aide de ces informations, il est possible de calculer le coefficient de retardement C définit comme le débit de pointe mesuré 15 minutes après le début de l'arrosage divisé par le débit d'arrosage (voir tableau 6, p. 6).

***Tableau 4* Proposition allemande en matière de coefficients de retardement pour les toitures vertes [3].**

Epaisseur du substrat	Coefficient de retardement (*)
20 tot 40 mm	0,7
60 tot 100 mm	0,6
100 tot 150 mm	0,4
150 tot 250 mm	0,3
250 tot 500 mm	0,2
> 500 mm	0,1

(*) Pour des pentes de toiture jusqu'à 5 %.

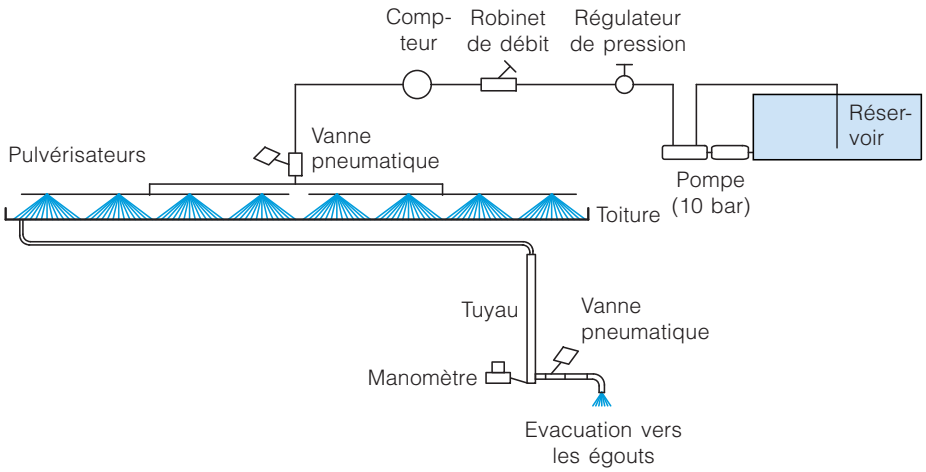
Lorsque la toiture est entièrement saturée, le débit d'évacuation est alors égal à celui de l'arrosage et le facteur C peut être ramené à 1. En cas d'arrosage de forte intensité, si le facteur C est inférieur à 1, on devrait normalement s'attendre à des valeurs C encore plus petites en cas d'intensités d'arrosage plus faibles. Le tableau 6 (p. 6) ne confirme toutefois pas cette

***Tableau 5* Aperçu de la méthode utilisée par le CSTC afin de déterminer les coefficients de retardement.**

Phase	Action
1. Saturation	Arrosage constant d'une intensité de 0,033 l/s.m^2 (1)
2. Repos	Pas d'arrosage(3)
3. Arrosage à haute intensité	Arrosage constant d'une intensité de 0,033 l/s.m^2 (2)
4. Repos	Pas d'arrosage (3)
5. Arrosage à intensité moyenne	Arrosage constant d'une intensité de 0,025 l/s.m^2 (2)
6. Repos	Pas d'arrosage (3)
7. Arrosage à faible intensité	Arrosage constant d'une intensité de 0,0167 l/s.m^2 (2)

(1) Jusqu'à l'apparition d'une évacuation notable des eaux durant 10 minutes.
(2) Jusqu'à l'obtention d'un débit d'évacuation constant durant 10 minutes.
(3) Jusqu'à ce qu'aucune évacuation notable des eaux n'apparaisse durant 10 minutes.

***Fig. 6* Représentation schématique du système d'arrosage utilisé par le CSTC afin de déterminer les coefficients de retardement.**



thèse. Dans certains cas, on observe même une augmentation du facteur C.

Ceci est probablement du à la méthode utilisée : les essais avec les différentes intensités d'arrosage ont en effet été exécutés l'un à la suite de l'autre, en commençant par l'intensité la plus élevée (0,033 l/s.m^2), ce qui a occasionné, après un certain temps, la saturation complète de plusieurs toitures.

Concrètement, cela signifie que seules les valeurs enregistrées avec l'intensité d'arrosage la plus élevée peuvent être prises en considération pour la caractérisation de la toiture par rapport à une averse d'une durée de 15 minutes. Bien que l'utilisation de ces facteurs ne soit pas recommandée dans la pratique (les toitures n'ont été testées qu'une seule fois), on peut néanmoins en déduire certaines tendances.

Fig. 7 ***Evolution de la quantité d'eau évacuée via la toiture n° 6 (toiture intensive avec un substrat de 140 mm) en cas d'arrosage à 0,033 l/s.m2.***

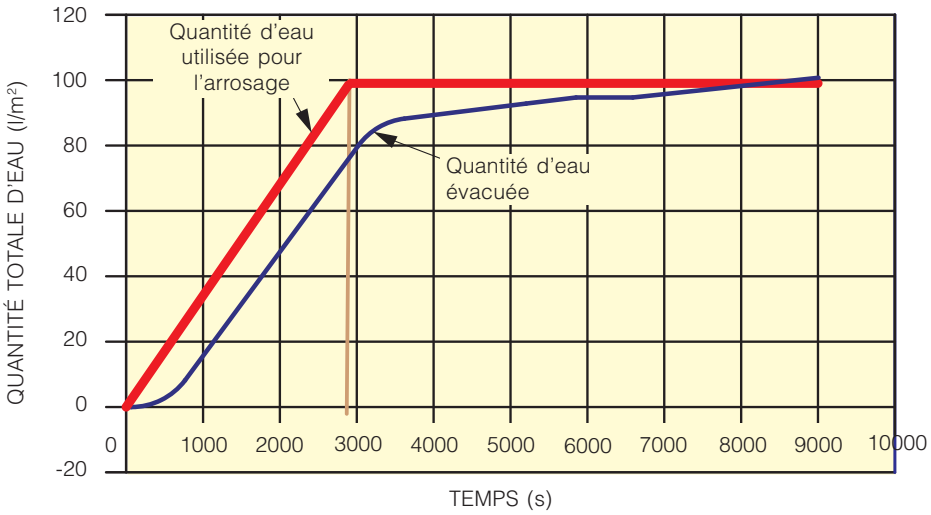
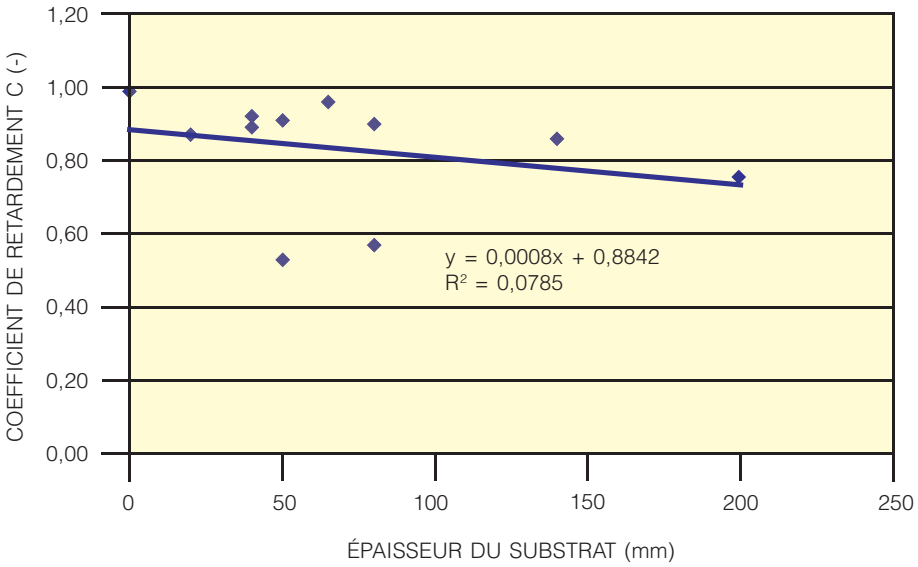


Fig. 8 ***Relation entre le coefficient de retardement C et l'épaisseur du substrat.***



On remarque que plus le substrat est épais, plus la réduction augmente (valeur C plus basse) (voir figure 8 ci-dessous). Pour une toiture verte dotée d'une épaisseur de substrat de 100 mm, l'essai allemand a fournit une valeur C égale à 0,83, ce qui se situe dans la lignée des conclusions ayant été tirées par le CSTC.

Par contre, la différence est nettement plus marquée si l'on effectue la comparaison avec les valeurs par défaut proposées dans la version projet de la norme allemande DIN 1986-2 (tableau 4, p. 5). En effet, les valeurs indiquées sont quelque peu plus optimistes que celles obtenues sur des toitures réelles exposées à l'averse de référence allemande.

En outre, nous désirons aussi attirer l'attention sur le fait que la rétention de certaines toitures (principalement les toitures n° 3 et 4) est non seulement influencée par l'épaisseur du substrat mais aussi par les autres couches constitutives de la toiture (et surtout de la couche de drainage). Cela implique que l'on ne peut pas se baser aveuglément sur l'épaisseur de substrat afin de déterminer les coefficients de retardement pour les toitures vertes et que cette caractéristique ne peut être constatée de manière fiable que par la réalisation d'essais sur des prototypes. C'est pourquoi il est indispensable d'élaborer une méthode d'essai normalisée qui reposerait sur l'approche allemande.

4 QUALITÉ DE L'EAU ÉVACUÉE

Dans le courant de 2003, durant la seconde année de la campagne de mesures, des échantillons d'eau ont été prélevés à intervalles réguliers sur les différentes toitures et ont été soumis à un grand nombre d'analyses. Celles-ci avaient pour objectif de se faire une idée de la qualité de l'eau évacuée via les toitures en vue de son éventuelle réutilisation dans et autour du bâtiment.

Etant donné qu'il n'existe (encore) aucune prescription dans ce domaine en Belgique, on s'est inspiré d'un certain nombre d'autres réglementations en matière d'eau (eau de baignade, de pêche, potable, d'égouts, …) afin de déterminer les paramètres à analyser. Les valeurs moyennes des paramètres analysés sont reprises au tableau 7 (p. 7).

Tableau 6 ***Coefficients de retardement déterminés par le CSTC.***

Intensité de l'arrosage	Toiture verte n° 2	Toiture verte n° 3	Toiture verte n° 4	Toiture verte n° 5	Toiture verte n° 6	Toiture verte n° 7	Toiture verte n° 8	Toiture verte n° 9	Toiture verte n° 10
0,033 l/s.m²	0,89	0,57	0,53	0,87	0,86	0,75	0,90	0,92	0,96
0,025 l/s.m²	0,95	0,86	0,81	1	0,88	0,58	0,67	0,91	0,98
0,0167 l/s.m²	0,99	0,96	0,50	0,93	0,94	0,29	0,81	1	0,90

Tableau 7 ***Qualité moyenne des eaux pluviales et de l'eau évacuée via les toitures.***

Paramètre et unité	Toiture n° 1	Toiture n° 2	Toiture n° 3	Toiture n° 4	Toiture n° 5	Toiture n° 6	Toiture n° 7	Toiture n° 8	Toiture n° 9	Toiture n° 10	Toiture n° 11	Pluie
pH (-)	6,81	7,28	7,22	6,99	6,76	7,34	5,4	6,52	6,43	6,67	4,89	5,61
Couleur apparente (Pt/Co)	67,32	878,19	532,41	350,94	228,58	671,25	46,78	264,9	219,04	250,17	230,55	23,36
Conductivité (µS/cm)	92,9	130,41	207,98	83,82	155,16	273,31	1727,8	99,07	87,22	160,93	90,35	50,87
Matières décantables (ml/l)	0,24	0,1	0	0	0,1	0,1	0,15	0	0,1	0,24	0,2	0
Matières en suspension (mg/l)	20,5	9,13	15,53	8,82	9,29	12,27	37,5	8,9	6,85	12,83	13,9	5
Dureté (°F)	5	8,01	5,34	4,15	4,15	17,8	5,34	2,37	3,12	4,15	1,78	1,78
DBO (mg O_2/l) (1)	24,01	265,25	178,76	100,18	147,6	312,47	35,31	99,68	103,15	116,08	106,31	16,33
DCO (mg O_2/l) (2)	4,5	19,3	29,01	46,1	14,16	46,1	8,26	5,16	9,15	33,39	9,3	3,6
DBO/DCO (-) (1) (2)	5,34	13,74	6,16	2,17	10,42	6,78	4,27	19,32	11,27	3,48	11,43	4,54
Taux total en phosphates (mg P/l)	0,06	0,17	0,53	0,08	0,13	3,14	0,24	0,06	0,08	15,25	0,16	0,15
P_2O_5 (mg P/l)	0,14	0,21	0,61	3,61	0,21	3,61	0,35	0,19	0,12	4,46	0,15	0,09
SO_4-- (mg SO_4/l)	14,21	0	1,9	0,15	52,5	86,92	1397,5	18,19	11,85	20,68	2,65	5,4
Nombre total de germes à 22 °C (KVE/ml) (3)	6100	5800	6400	3700	8400	11000	12000	9900	9300	10000	13000	5900
Nombre total de germes à 37 °C (KVE/ml) (3)	3500	2300	2300	1300	1100	4500	4700	3900	3500	4100	6200	4900
Nombre total de coliformes à 37 °C (% des échantillons positifs) (3)	25	25	29	33	33	50	0	17	50	44	67	67

(1) DBO : demande biochimique en oxygène.
(2) DCO : demande chimique en oxygène.
(3) UFC : unité formant colonie.

En ce qui concerne l'acidité (pH), on peut affirmer que toutes les toitures vertes (à l'exception de la toiture n° 7) exercent un effet neutralisant sur le caractère acide initial de la pluie en Belgique. La toiture nue de référence n° 11 possède par contre un effet acidifiant, probablement du à la formation d'acides organiques à la suite de l'altération (par rayonnement UV) de l'étanchéité.

L'affirmation selon laquelle les toitures vertes exerceraient un effet épuratoire sur les eaux pluviales évacuées n'a donc pas pu être démontrée.

Une certaine coloration (jaunissement) est apparue sur toutes les toitures ayant été étudiées. Par ailleurs, l'eau évacuée par le biais des toitures vertes présente une augmentation de la conductivité des solides suspendus et de la dureté en comparaison avec les eaux pluviales qui s'abattent sur elles, ce qui indique que l'eau s'enrichit (et n'est par conséquent pas filtrée).

Dans tous les cas, les paramètres caractérisant le taux de matières organiques (DBO et DCO) augmentent également, ce qui implique qu'une pollution organique se produit, en plus du fait que les eaux pluviales contiennent quant à elle déjà une certaine quantité de matières organiques. Le constat selon lequel le rapport DBO/DCO est relativement élevé sur certaines toitures démontre qu'outre des matières organiques, des produits chimiques oxydables sont également présents dans la pollution. Ces derniers proviennent probablement des engrais utilisés sur les toitures vertes afin d'améliorer la croissance des plantes.

En outre, on assiste à une hausse du nombre de bactéries sur l'ensemble des toitures étudiées (à l'exception des toitures n° 2 et 4). D'un point de vue microbiologique, l'affirmation selon laquelle les toitures vertes améliorent la qualité des eaux pluviales évacuées n'est pas davantage confirmée.

Il ressort clairement de toutes ces analyses que l'influence exercée par les toitures vertes sur les eaux pluviales est relativement négative et que l'on pourrait même parler, dans certains cas, d'une véritable pollution. Cette dernière a pour conséquence que cette eau ne pourra être utilisée sans traitement complémentaire pour des applications domestiques (rinçage des toilettes, de la lessive, …). Dans certains cas, l'eau ne pourra même pas être déversée dans l'eau de surface (1), de pêche ou de baignade.

(1) En Belgique, une valeur DBO maximale de 50 mg/l est d'application en Flandre et une valeur DBO maximale de 70 mg/l est d'application en Wallonie.

5 CONCLUSION

Les toitures vertes peuvent améliorer la gestion des eaux dans les villes en diminuant les quantités d'eau déversées dans les égouts et en limitant les débits de pointe.

En ce qui concerne le dimensionnement du système d'évacuation des toitures vertes, les coefficients de retardement doivent cependant être déterminés pour chaque type de toiture verte spécifique, étant donné qu'aucune valeur générale ne peut être fournie dans ce cadre. C'est pourquoi le développement d'une méthode normalisée qui reposerait par exemple sur la proposition allemande s'avère nécessaire.

A ce stade, étant donné le manque d'informations disponibles au sujet des coefficients de retardement, il est recommandé de procéder au dimensionnement des installations d'évacuation des eaux des toitures vertes en prenant c = 1.

Dans certains cas, les toitures vertes peuvent occasionner une pollution des eaux pluviales. Afin de pouvoir réutiliser l'eau évacuée par le biais de ces toitures, il y a lieu de leur faire subir un traitement adéquat. ■

BIBLIOGRAPHIE

1. …
Abflussverhältnisse von Gründächer. Würzburg, Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.

2. Institut belge de normalisation
NBN EN 12056-3 Réseaux d'évacuation gravitaire à l'intérieur des bâtiments. Partie 3 : Système d'évacuation des eaux pluviales, conception et calculs. Bruxelles, IBN, 2000.

3. Kolb. W.
Gründach und Regenwasser. Würzburg, Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, avril 2002.

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier le Service Public Fédéral 'Economie' pour son soutien financier dans le cadre de cette recherche. En outre, ils témoignent également tous leurs remerciements aux personnes suivantes, qui ont rendu cette étude possible d'un point de vue technique : P. Despeer, D. L'Heureux, C. L'Hoste, M. Roger et P. Voordecker.