



Centre Scientifique et Technique de la Construction

Colloque toitures végétalisées
Paris 05/12/2007

Eau de pluie de toitures végétalisées: qualité, rétention et effet retard

Karel De Cuyper

Centre Scientifique et Technique de la
Construction



CSTC
Belgique



Contenu de la présentation

1. L'étude « toitures vertes » du CSTC
2. Capacité de rétention à long terme
3. L'effet retard lors d'averses intenses
4. La qualité de l'eau rejetée.



1. L'étude «toitures vertes» du CSTC

- ❖ Etude menée de 2002 à 2004
- ❖ Objectifs:
vérifier les performances de 9 toitures vertes disponibles sur le marché belge:
 - Résistance des membranes d'étanchéité aux racines
 - Comportement thermique et acoustique
 - Performance hydraulique:
 - Capacité de rétention (sur de longues périodes)
 - Effet retardateur lors d'averses intenses
 - Qualité de l'eau rejetée.
- ❖ Uniquement les deux dernières performances sont abordées dans cette présentation.



1. L'étude « toitures vertes » du CSTC (2)

❖ Etude sur des modèles de 1x7.7m (pente 2%) exposés à l'extérieur de la station expérimentale du CSTC:

- 9 toitures vertes,
- 1 toiture nue (membrane),
- 1 toiture avec une couche de gravier.



T2

T3

T4



T5

T6

T7



T8



T9



T10



Toiture n°1



Toiture n°11



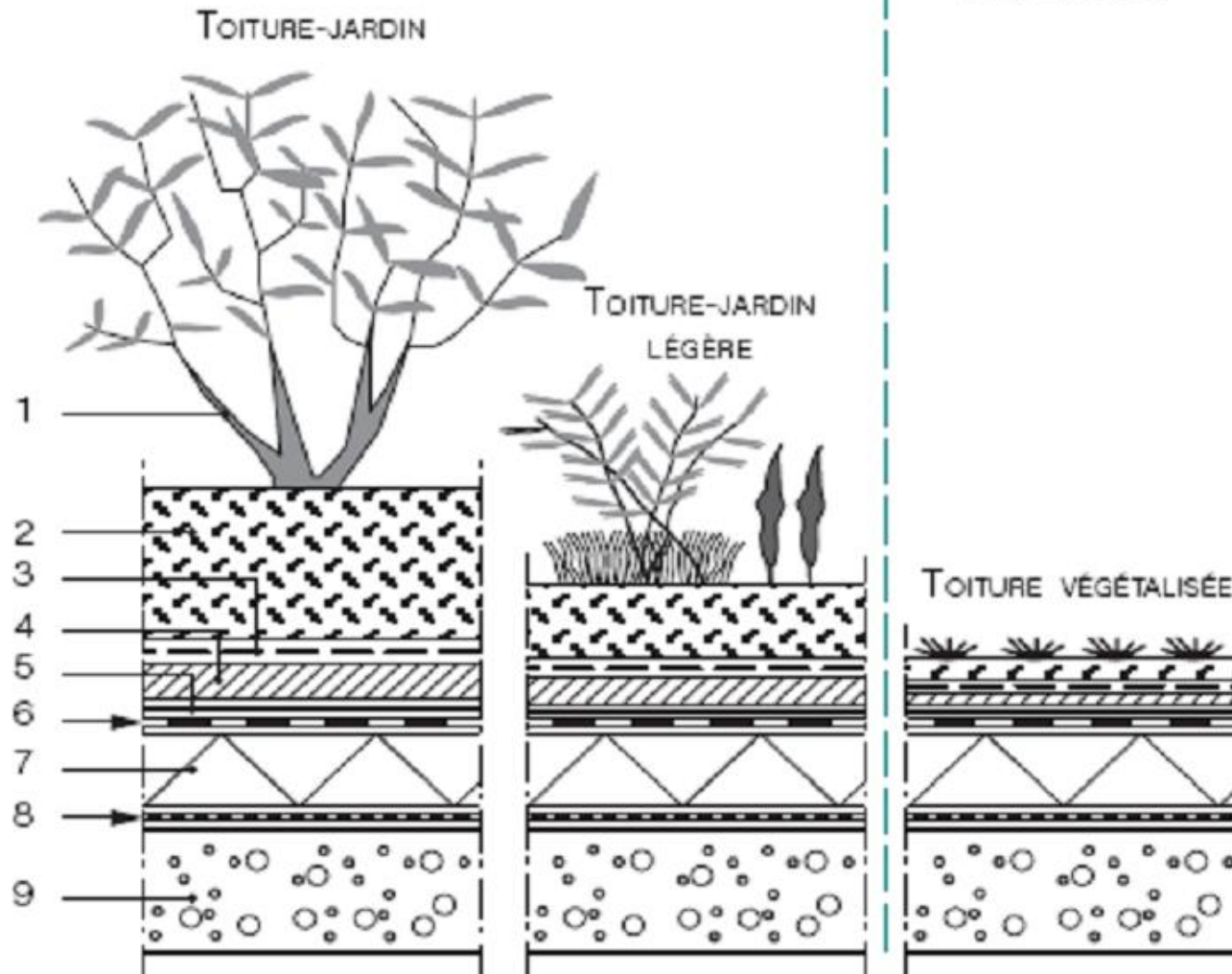


Toiture verte = toiture composite

verte.

VÉGÉTATION INTENSIVE

VÉGÉTATION EXTENSIVE

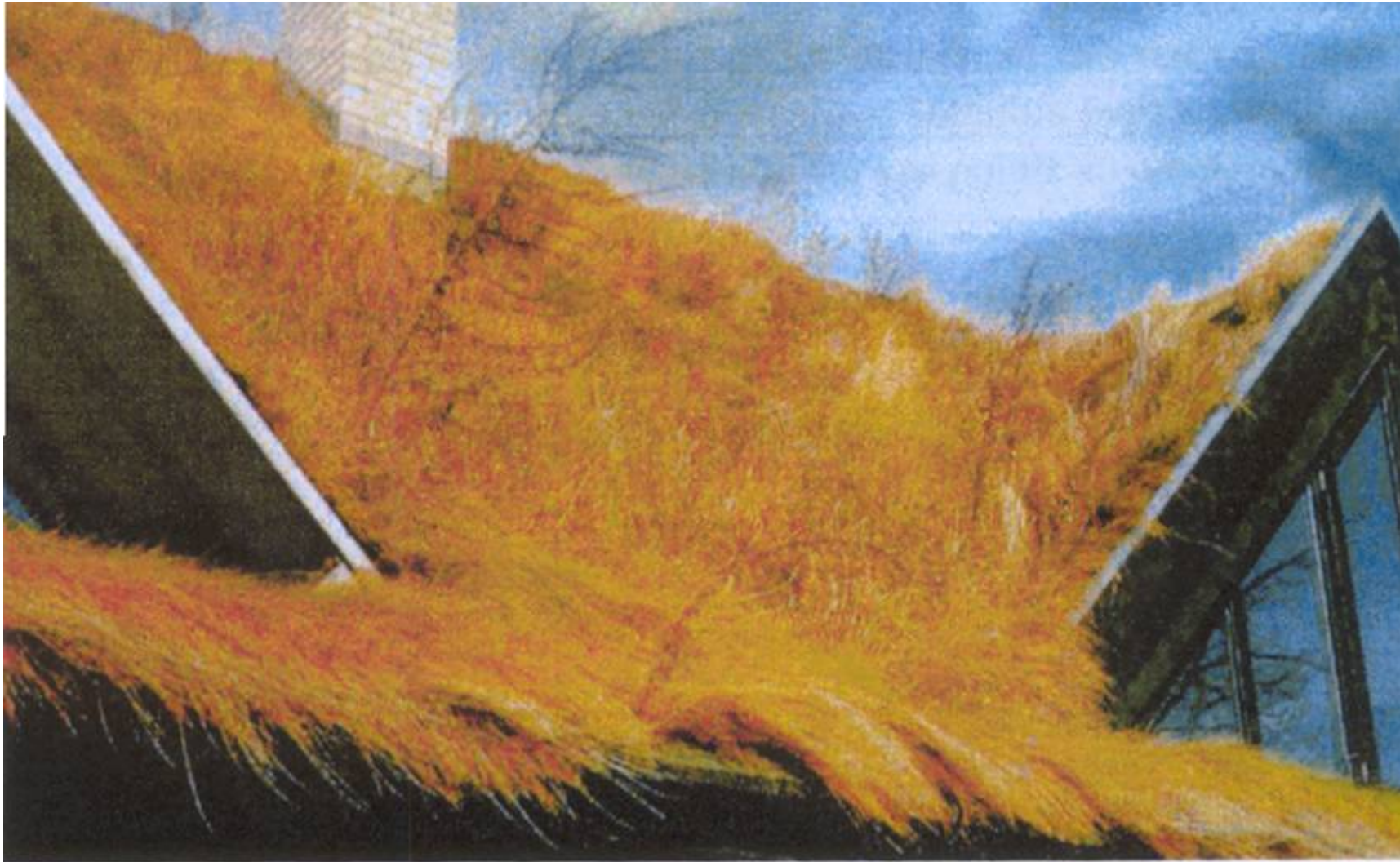


1. Végétation
2. Substrat
3. Couche filtrante
4. Couche de drainage
5. Protection mécanique et/ou film de polyéthylène
6. Etanchéité
7. Isolation thermique
8. Pare-vapeur éventuel
9. Support et pente



Toitures vertes: différenciation

Caractéristiques	Végétation intensive		Végétation extensive
	<i>Toiture-jardin</i>	<i>Toiture-jardin légère</i>	<i>Toiture végétalisée</i>
Epaisseur du substrat	$\geq 0,25$ m	entre 0,1 et 0,25 m	$\leq 0,1$ m
Poids propre de la toiture verte	≥ 400 kg/m ²	100 à 400 kg/m ²	30 à 100 kg/m ²





Composition des toitures testées

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/m ²) et rempli 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 composées (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/m ²) (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)

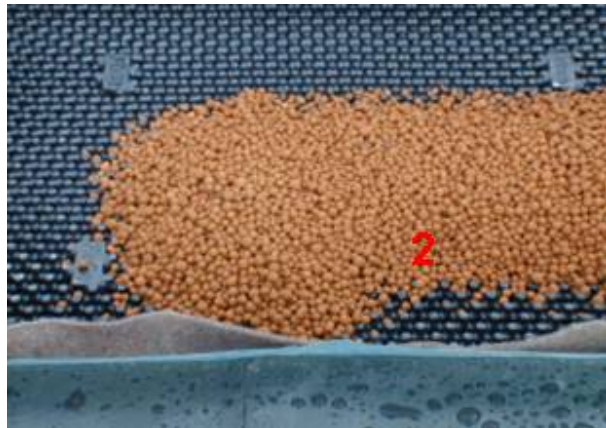


Composition des toitures testées (2)

Toiture n°	Composition et épaisseur			Couche de végétation
	Couche de drainage	Filtre	Substrat	
9	Membrane à relief en PVC (contenance en eau de 5 l/m ²) (20 mm)	Feutre PP (2 mm)	Mélange 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)	Végétation intensive (lierre terrestre, lavande, chèvre-feuille, immortelle, ...)
1	Toiture de référence recouverte d'une couche de gravier de 50 mm d'épaisseur			
11	Toiture de référence nue			



Centre Scientifique et Technique de la Construction
Couches drainantes







Pluviomètres





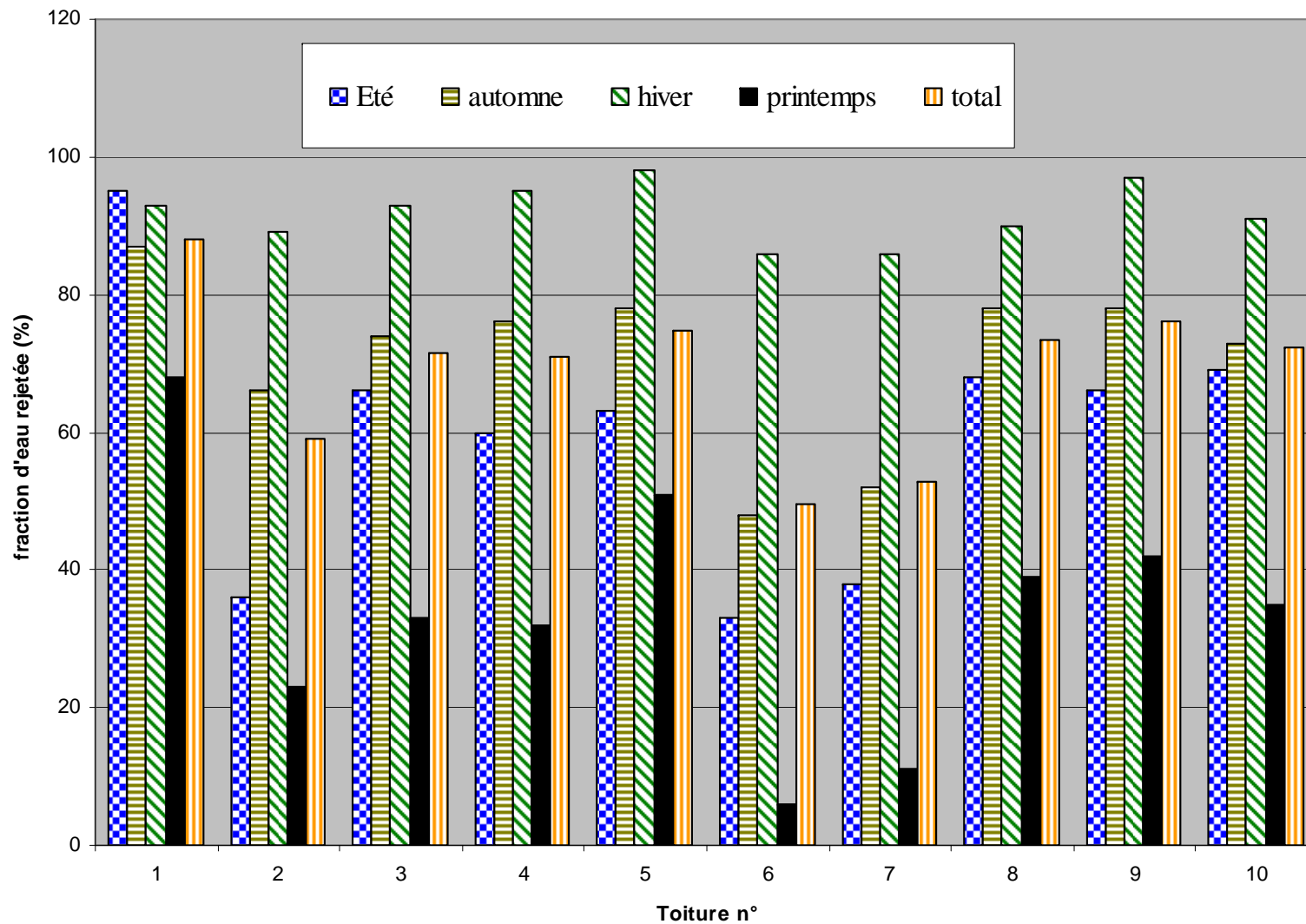
2. Capacité de rétention à long terme

❖ Une mesure pour la capacité de rétention à long terme est le ratio entre le volume d'eau évacué par la toiture pendant une certaine période de temps et le volume d'eau tombé pendant la même période sur la toiture nue.

➔ ce ratio est la «fraction d'eau rejetée»



Fraction d'eau rejetée pour différentes saisons





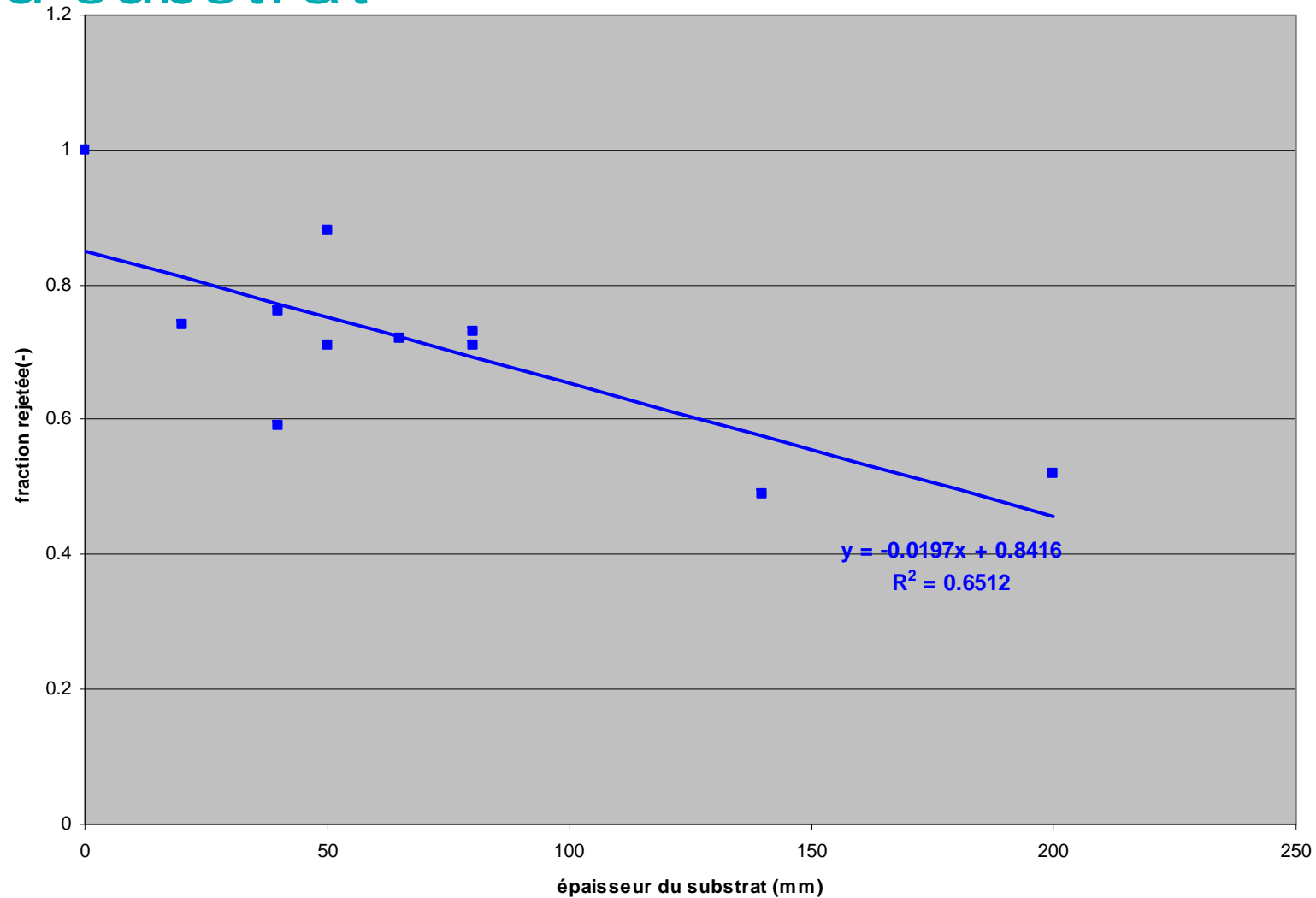
Rétention à long terme : conclusions (1)

- ❖ Les toitures vertes rejettent clairement moins d'eau qu'une toiture traditionnelle: une bonne partie est retenue.

- ❖ Toutes les toitures vertes n'ont cependant pas la même performance: en général, on peut dire qu'au plus épais est le substrat, au plus importante est la rétention :
 - Les toitures intensives (substrat de 140 à 200 mm) retiennent jusqu'à 50 % sur base annuelle.
 - Les toitures extensives par contre ne retiennent que de l'ordre de 30 %.



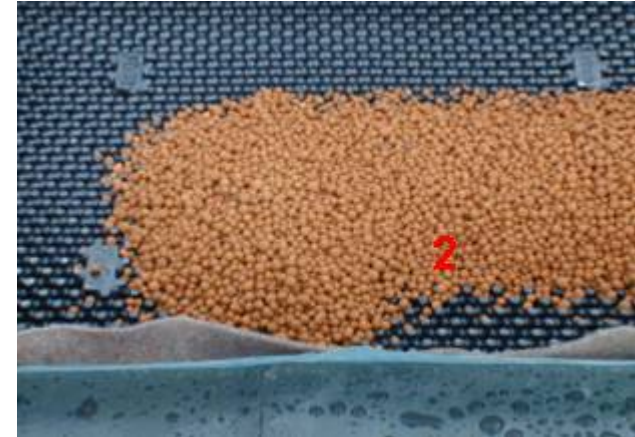
Fraction rejetée: influence de l'épaisseur du substrat





Rétention: conclusions (2)

- ❖ Cependant la combinaison d'un substrat moins épais avec une couche drainante de composition adéquate permet d'optimiser la capacité de rétention, comme c'est le cas de la toiture n°2.
- ❖ L'effet de rétention est surtout prononcé au printemps et moins en hiver.

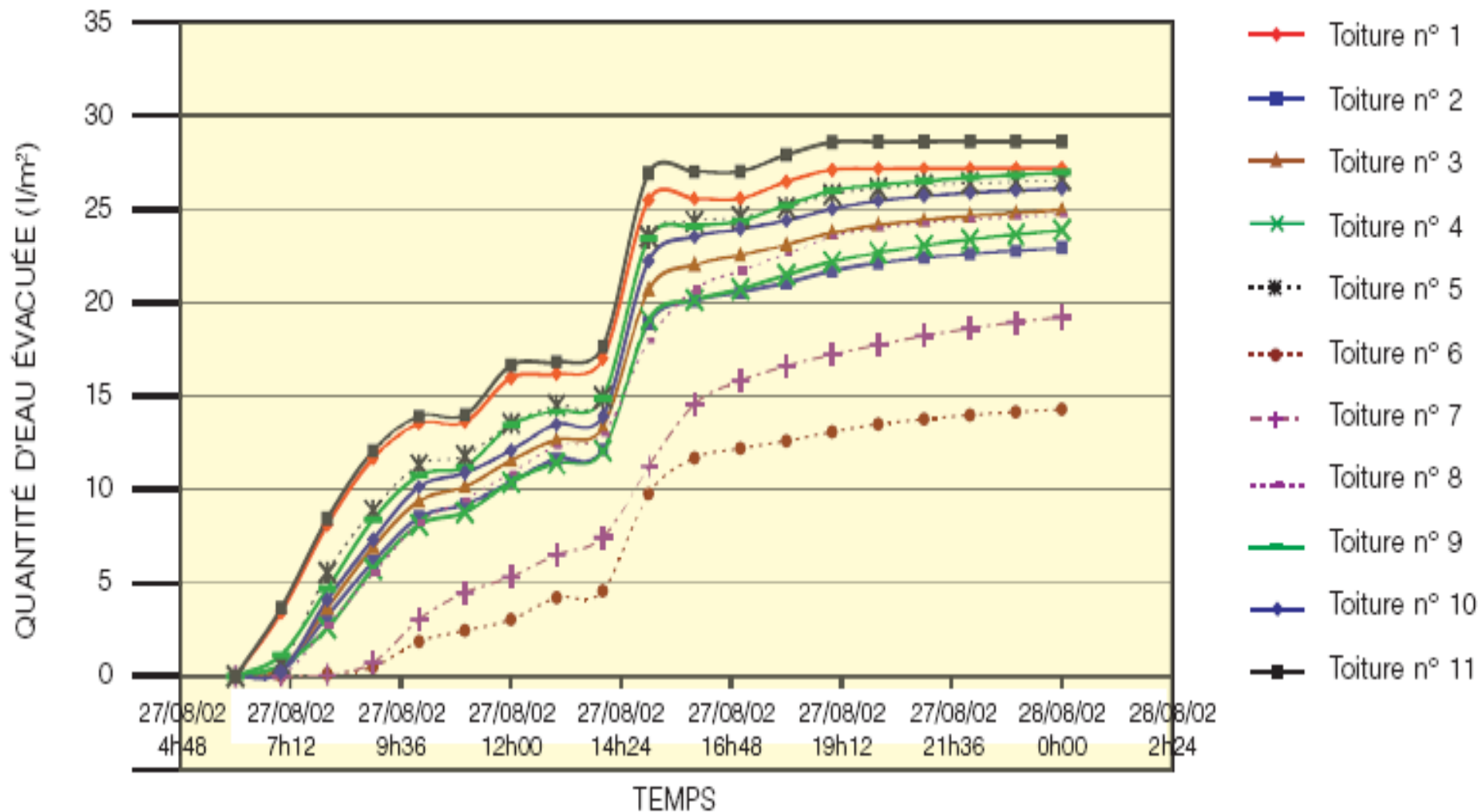






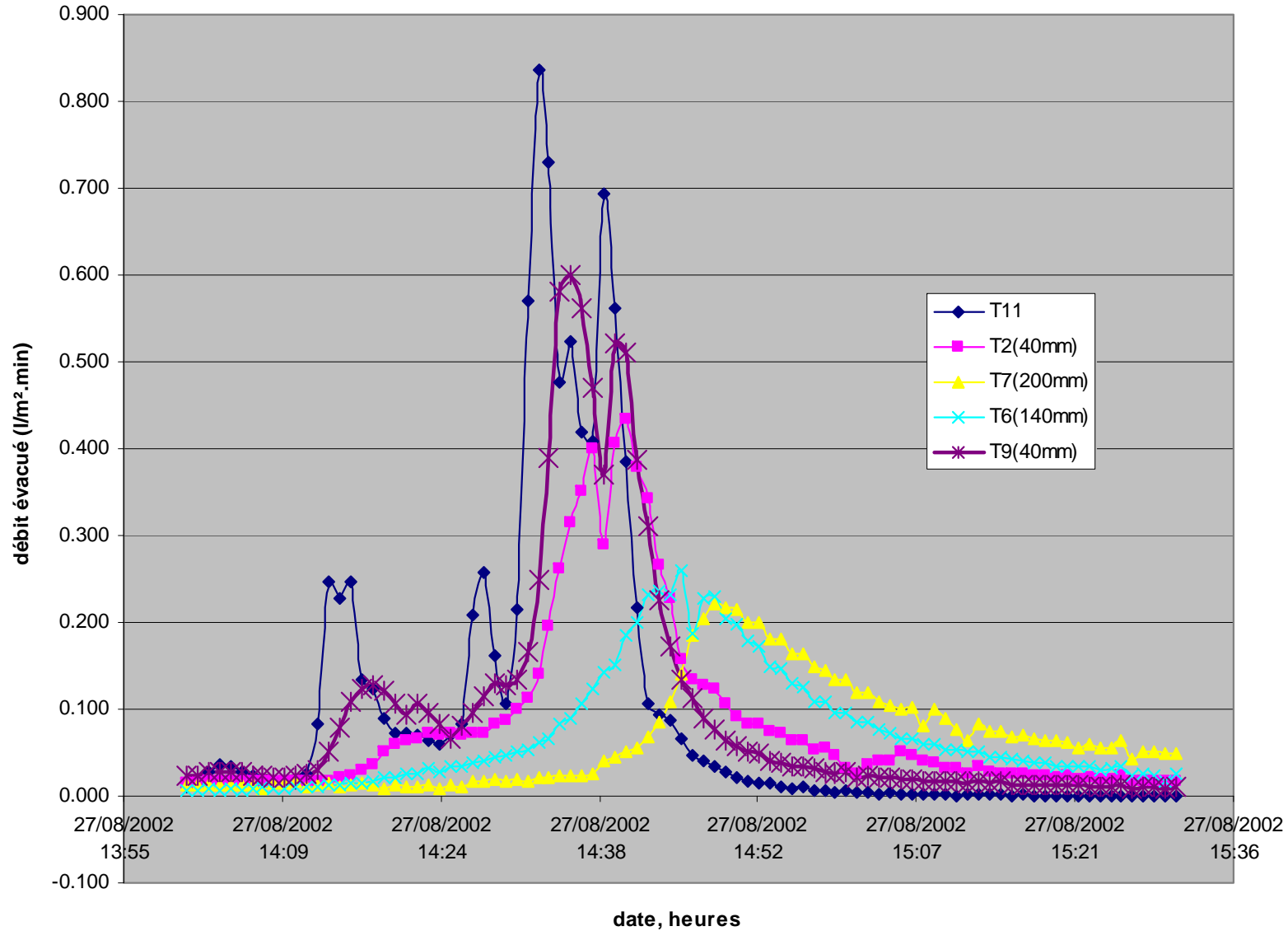
3. Effet « retard » lors d'averses intenses

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





Orage du 27/08/02





Effet retard: conclusions (1)

- ❖ Les toitures à substrat < 100mm:
 - Décalent la pointe d'averses intenses de quelques minutes (5 à 10 minutes)
 - Et elles en réduisent le débit de 30 à 50 %.

- ❖ Les toitures à végétation intensive, substrat de 140 à 200 mm
 - Décalent la pointe de l'ordre de 10 à 15 minutes
 - Et dans ce cas une réduction de l'ordre de 70% du débit évacué, peut être constatée.



Effet retard: remarques (1)

❖ Dans certains pays (NI, D,...) l'effet retard est pris en compte pour le calcul des conduites d'évacuation en pondérant le débit à évacuer par un coefficient retardateur : $Q = rAC$;

avec :

- r: intensité pluviométrique; A: surface; C: coefficient de retardement

❖ les normes allemandes (VDI 3806) avancent les valeurs suivantes pour C:

Pente <5%	Substrat >50cm	C= 0.1
	25 à 50 cm	C= 0.2
	10 à 25 cm	C= 0.3 (0.3)
	<10cm	C= 0.5 (0.5à 0.7)
Pente >5%		C= 0.7



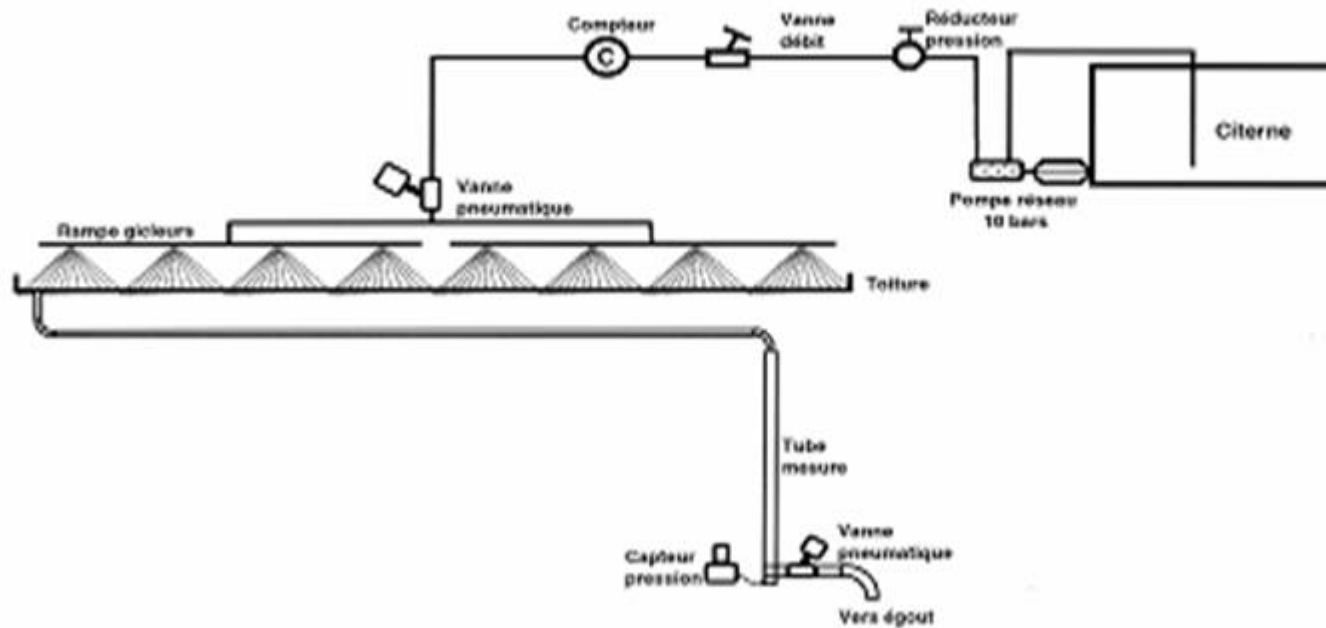
Effet retard: remarques (2)

- ❖ En Allemagne, certains préconisent même de déterminer la valeur de C par une mesure sur un modèle (10x1.25m):
 - arrosage à débit constant (0.03 l/m².s) pendant 15 minutes
 - $C = \text{Volume évacué en 15 minutes} / \text{volume arrosé}$
- ❖ Une vérification de cette méthode sur la toiture 7 (200mm) du CSTC indique qu'elle attribue des valeurs C trop faibles: 0.14 selon la méthode, contre 0.275 mesuré lors de l'orage du 27/08/2002.



Mesure de « C » pour la toiture 7 au CSTC

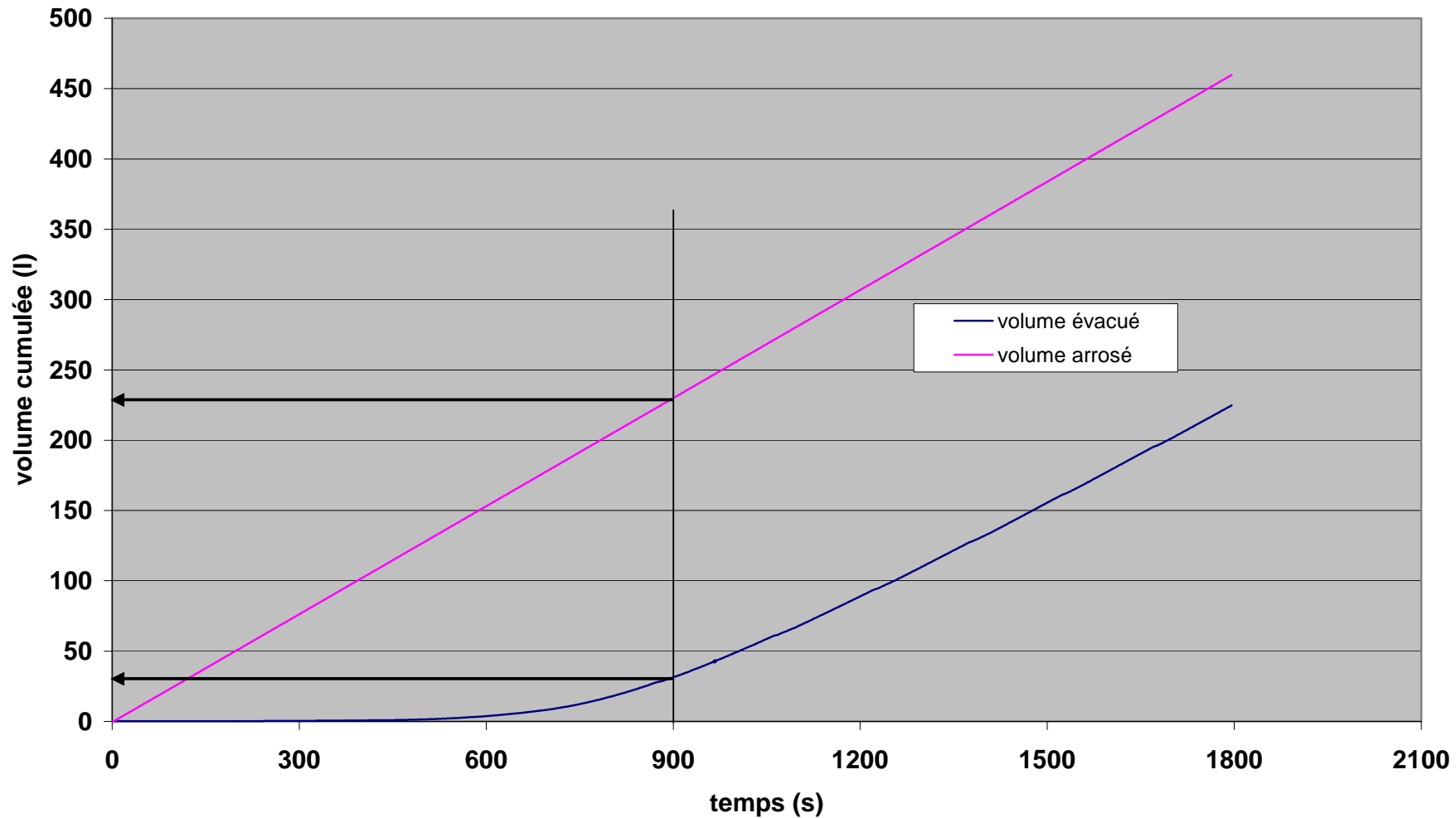
Shéma de principe pulvérisation toitures vertes







Résultat pour $q=0.033\text{l/s.m}^2$:
 $C = 32 / 230 = 0.14 > < 0.275$ (orage)





Effet retard: remarques (3)

- ❖ L'effet retard d'une toiture verte est fonction de ses dimensions, sa composition et de sa pente, mais aussi de son histoire: une toiture déjà saturée aura un effet retard plus faible que cette même toiture après une période de sécheresse. Il n'est donc pas évident de caractériser l'effet retard par un simple indice.

- ❖ Il faut – à ce stade- être très prudent en appliquant des facteurs pondérateurs – même mesurés- dans le cas de toitures vertes.

→ En Belgique nous conseillons de prendre $C=1$ pour le calcul de l'installation d'évacuation ceci afin d'éviter tout problème en cas de non réalisation de la toiture verte.





4. Qualité de l'eau rejetée

Les toitures végétalisées « filtrent »
l'eau pluviale...



Qualité: mesures CSTC avril-décembre 2003 – moyennes- (1)

paramètre	unité	toiture n°						pluie
		1	2	3	4	5	6	
pH		6.81	7.28	7.22	6.99	6.76	7.34	5.61
Couleur apparante	Pt/Co	67.32	878.19	532.41	350.94	228.58	671.25	23.36
conductivité	$\mu\text{S/cm}$	92.9	130.41	207.98	83.82	155.16	273.31	50.87
Mat. décant.	ml/l	0.24	0.1	0	0	0.1	0.1	0
Mat. en susp.	mg/l	20.5	9.13	15.53	8.82	9.29	12.27	5
dureté	°F	5	8.01	5.34	4.15	4.15	17.8	1.78
DCO	mgO ₂ /l	24.01	265.25	178.76	100.18	147.6	312.47	16.33
DBO	mgO ₂ /l	4.5	19.3	29.01	46.1	14.16	46.1	3.6
DCO/DBO	(-)	5.34	13.74	6.16	2.17	10.42	6.78	4.54
P total	mgP/l	0.06	0.17	0.53	0.08	0.13	3.14	0.15
P205	mgP/l	0.14	0.21	0.61	3.61	0.21	3.61	0.09
germes 22°C	UFC/ml	6100	5800	6400	3700	8400	11000	5900
germes 37°C	UFC/ml	3500	2300	2300	1300	1100	4500	4900
Coli 37°C	% éch.pos	25	25	29	33	33	50	67



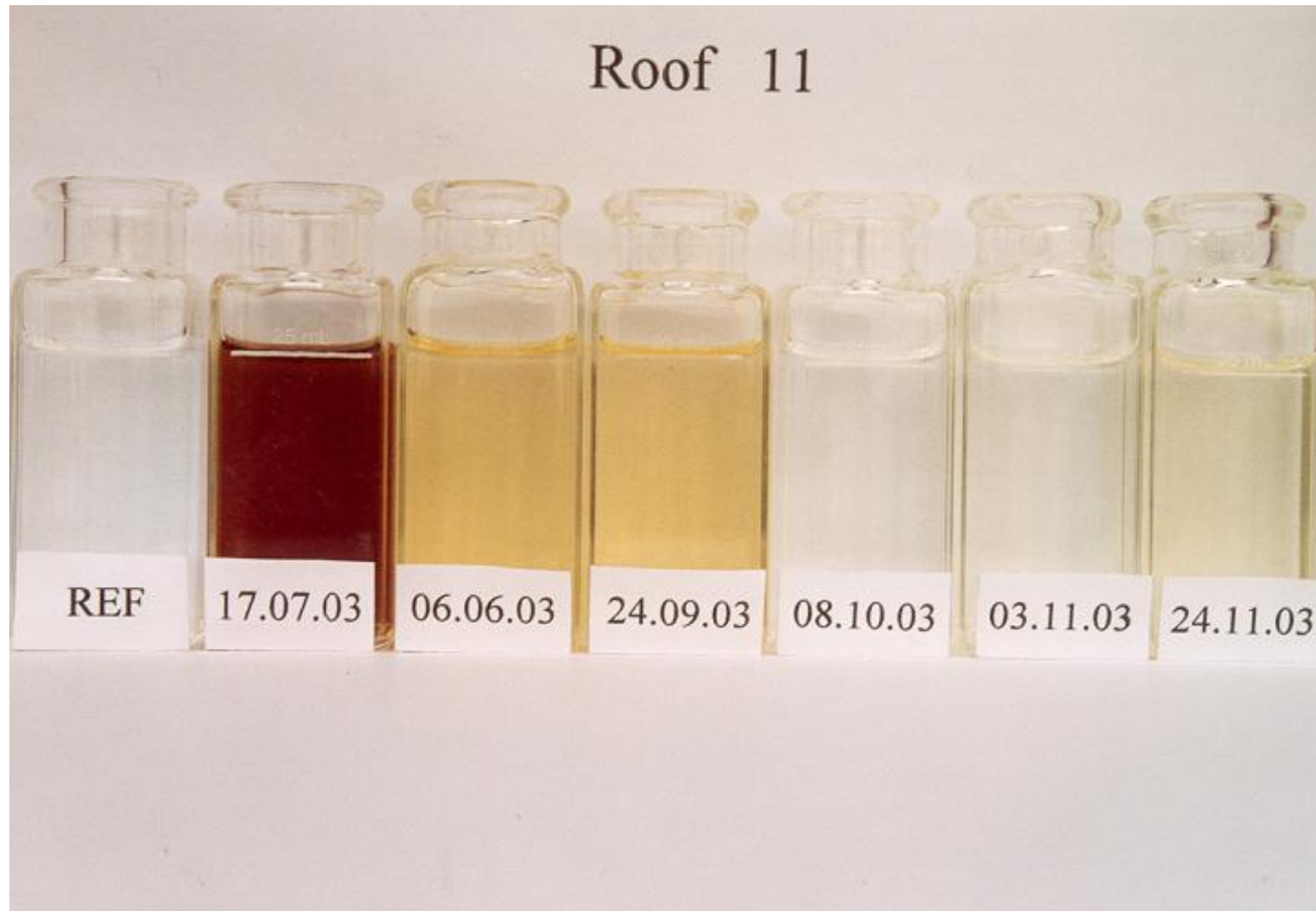
Couleur des eaux rejetées





Mesures CSTC avril-décembre 2003–moyennes- (2)

paramètre	unité	Toiture n°					pluie
		7	8	9	10	11	
pH		5.4	6.52	6.43	6.67	4.89	5.61
Couleur apparente	Pt/Co unit	46.78	264.9	219.04	250.17	230.55	23.36
conductivité	$\mu\text{S/cm}$	1727.8	99.07	87.22	160.93	90.35	50.87
Mat. décant.	ml/l	0.15	0	0.1	0.24	0.2	0
Mat. en susp.	mg/l	37.5	8.9	6.85	12.83	13.9	5
dureté	°F	5.34	2.37	3.12	4.15	1.78	1.78
DCO	mgO ₂ /l	35.31	99.68	103.15	116.08	106.31	16.33
DBO	mgO ₂ /l	8.26	5.16	9.15	33.39	9.3	3.6
DCO/DBO	(-)	4.27	19.32	11.27	3.48	11.43	4.54
P total	mgP/l	0.24	0.06	0.08	15.25	0.16	0.15
P205	mgP/l	0.35	0.19	0.12	4.46	0.15	0.09
germes 22°C	CFU/ml	12000	9900	9300	10000	13000	5900
germes 37°C	CFU/ml	4700	3900	3500	4100	6200	4900
Coli 37°C	% éch. pos.	0	17	50	44	67	67





Mesures CSTC 09/11/2007

	pH	Conductivité $\mu\text{S/cm}$		MES mg/l	DCO mg/l		Couleur apparente unité Pt-Co
		2007	2003		2007	2003	
pluie	4.5	47.4	51	16	17	16	6
T1	4.15	77.7	93	20	15	24	9
T2	6.87	80.1	130	16	210	265	692
T3	6.93	73.6	208	16	67	179	261
T4	6.8	58.5	84	36	123	100	191
T5	6.25	59.6	155	28	37	147	50
T7	4.54	698	1728	32	31	35	19
T8	6.36	58.9	99	16	47	100	120
T9	6.76	54	87	20	55	103	81
T10	6.93	83.4	161	24	67	116	107
T11	4.27	59.4	90	4	20	106	14





Qualité de l'eau : conclusions

- ❖ On ne peut donc certainement pas prétendre qu'une toiture verte « filtre » l'eau de pluie rejetée.
- ❖ On constate par contre un enrichissement suite à la percolation de l'eau à travers un milieu contenant e.a. des engrais.
- ❖ L'utilisation de l'eau pluviale en provenance des toitures peut nécessiter, dans certains cas, un traitement préalable afin de corriger la coloration.





En savoir plus?

❖ Quelques publications du CSTC

- Toitures vertes: évacuation des eaux pluviales.
Les dossiers du CSTC 3/2006 (8 pages)
- Toitures vertes
Note d'information technique n° 229
(2006) (73 pages)

www.cstc.be



Merci de votre attention

