NRC·CNRC

NRC.CANADA.CA

Développement d'une méthode Canadienne pour l'évaluation des Solutions Fondées sur la Nature pour toitures commerciales.

Towards the Development of a Canadian Standardized Approach for Testing Nature-Based Solutions for Commercial Roofs (NBS-CR)



Sudha Molleti
sudhakar.molleti@nrc-cnrc.gc.ca

Plan

- Contexte – Solutions Fondées sur la Nature pour les toitures commerciales
- Plan de recherche
- Essais contrôlés en laboratoire
  - Simulateur de pluie dynamique
  - Caractérisation de la pluie
  - Calibration du simulateur de pluie
  - Méthodologie d'essai
  - Résultats des essais pilotes
- Simulateur de pluie en conditions naturelles
- Prochaines étapes

Initiative sur l'environnement bâti résilient aux changements climatiques (IEBRCC) - 2021 to 2028



Gouvernement du Canada | Government of Canada

Rechercher dans CNRC.Canada | Rechercher

Canada.ca > Conseil national de recherches Canada > Recherche et développement > Recherche et collaboration

Nos travaux de recherche portant sur les infrastructures et bâtiments résilients aux changements climatiques

Le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) contribue aux efforts du gouvernement du Canada en matière de résilience climatique en fournissant des conseils, des outils et des normes, lesquels contribuent à la durabilité des

Pour nous joindre :

Relations avec les médias, Conseil

Appui de programmes par la recherche

Initiative sur l'environnement bâti résilient aux changements climatiques – 2021 à 2028

Depuis 2021, des travaux de recherche sont entrepris dans le cadre de l'Initiative sur l'environnement bâti résilient aux changements climatiques (IEBRCC) pour soutenir les infrastructures et bâtiments résilients aux changements climatiques. Cette initiative, financée par Infrastructure Canada et élargie dans le cadre de la Stratégie nationale d'adaptation, s'appuie sur les travaux réalisés dans le cadre de l'Initiative sur les bâtiments et infrastructures publiques de base résistants aux changements climatiques (BIPBRCC). L'initiative actuelle est axée sur les efforts de recherche suivants :

- des solutions fondées sur la nature (telles que les toits verts sur les bâtiments ou la restauration des zones humides côtières) pour les inondations, l'érosion et les îlots de chaleur urbains;
- la résilience aux changements climatiques des principales infrastructures publiques telles que les bâtiments, les ponts routiers, les barrages, les réseaux d'eau et d'eaux usées et le transport urbain;

des fonds pour la recherche sur la résilience climatique afin de renforcer les infrastructures

Le gouvernement du Canada annonce des fonds pour des initiatives d'infrastructures résilientes aux changements climatiques

Initiative sur les bâtiments et les infrastructures publiques de base résilients aux changements climatiques

Sur la voie de la résilience aux changements climatiques

Travailler avec nous

Carrières

- IEBRCC : soutenir les infrastructures et bâtiments résilients aux changements climatiques

des **solutions fondées sur la nature** (telles que les toits verts sur les bâtiments ou la restauration des zones humides côtières) pour les inondations, l'érosion et les îlots de chaleur urbains;

https://nrc.canada.ca/en/research-development/research-collaboration/our-research-climate-resilient-buildings-infrastructure

Solutions Fondées sur la Nature
(Nature-Based Solutions, NBS)

1. Solutions fondées sur la nature pour atténuer les effets des îlots de chaleur urbains dans les collectivités canadiennes

2. Solutions fondées sur la nature pour atténuer les risques de surchauffe dans les bâtiments vulnérables

3. **Solutions fondées sur la nature sur les toits commerciaux pour mitiger les inondations urbaines (Nature-Based Solutions on commercial roofs, NBS-CR)**

4. Contrôle en temps réel des solutions fondées sur la nature pour l'adaptation aux inondations urbaines

5. Solutions fondées sur la nature pour la résilience des centres urbains canadiens face aux inondations

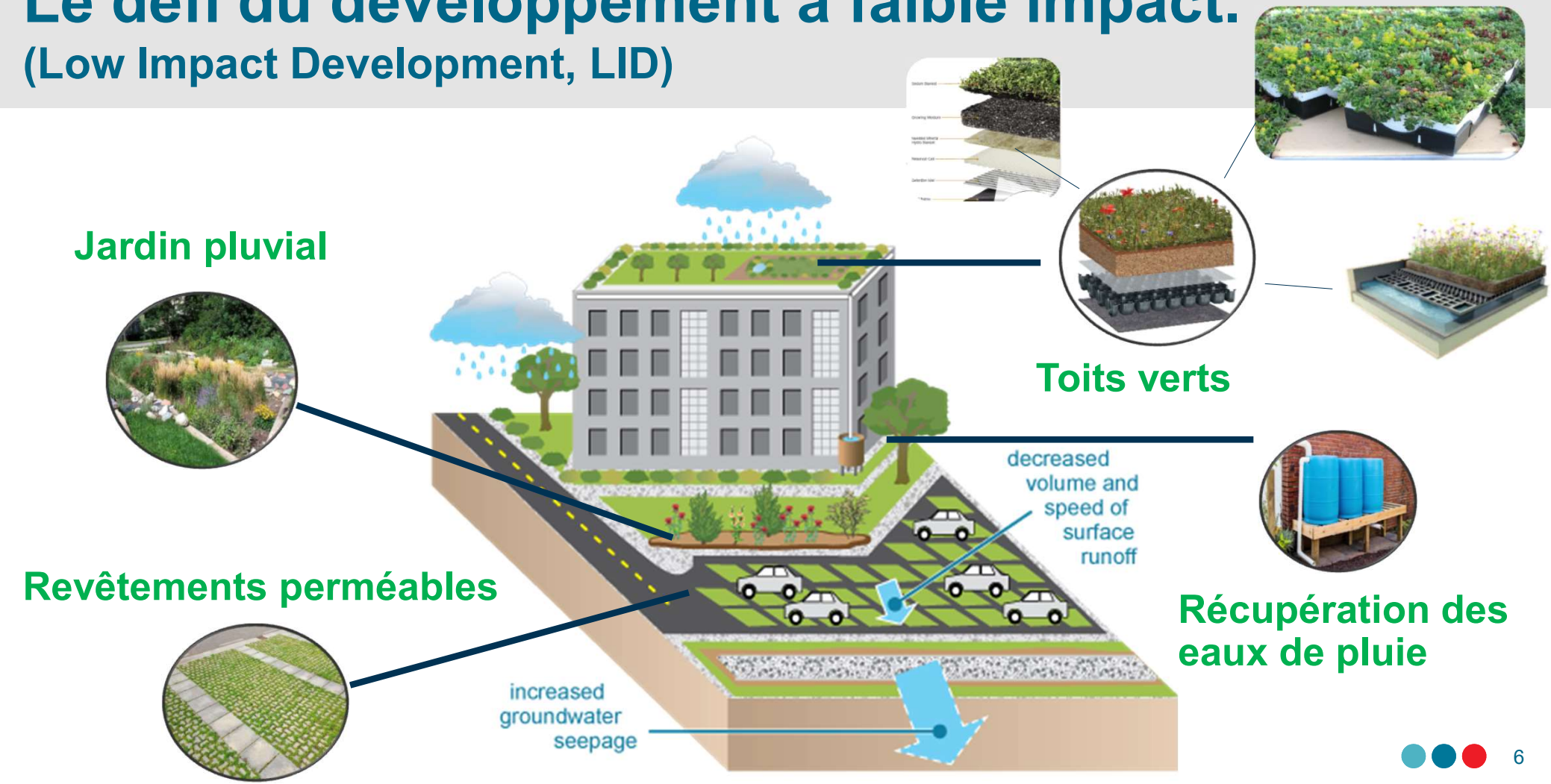
Solutions fondées sur la nature sur les toits commerciaux pour mitiger les inondations urbaines, NBS-CR


Toronto, Ontario, 2013

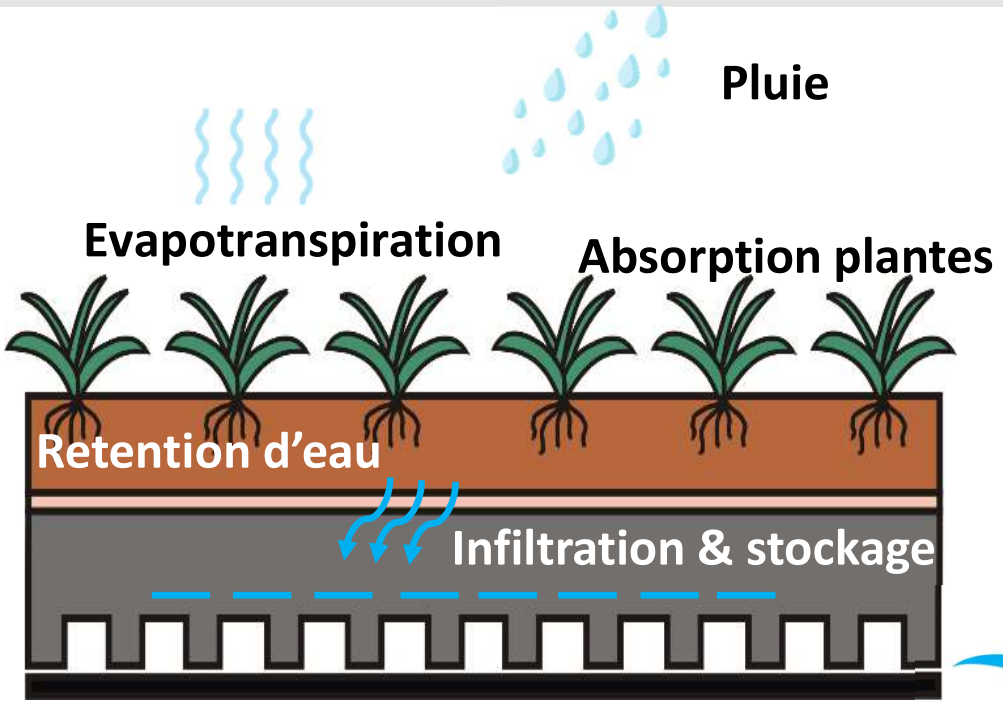

Ottawa, Ontario, 2023

Location	Date	Cost (Insured)	Intensity (mm/hour)	Duration (hour)	Volume (mm)
Thunder Bay	2012-05-01	240 million	16.67	6	100
Hamilton	2012-07-01	104 million	46.67	3	140
Toronto	2013-07-08	1 billion	51.00	2	102
Burlington	2014-08-01	166 million	25.00	8	200
Windsor and Tecumseh	2016-09-01	178 million	50.00	4	200
Windsor and Tecumseh	2017-08-01	178 million	5.94	48	285
Toronto	2018-08-01	169 million	36.00	2	72
Ottawa	2023-08-10	100 million	50	4	90
Toronto	2024-07-16	100 million	100 mm/day	24	100

Le défi du développement à faible impact.
(Low Impact Development, LID)



Performance hydrologique des toitures végétalisées



DRI Index? (ET,AMC, ADWP)

RVP Index? (Rainfall Variability Performance)

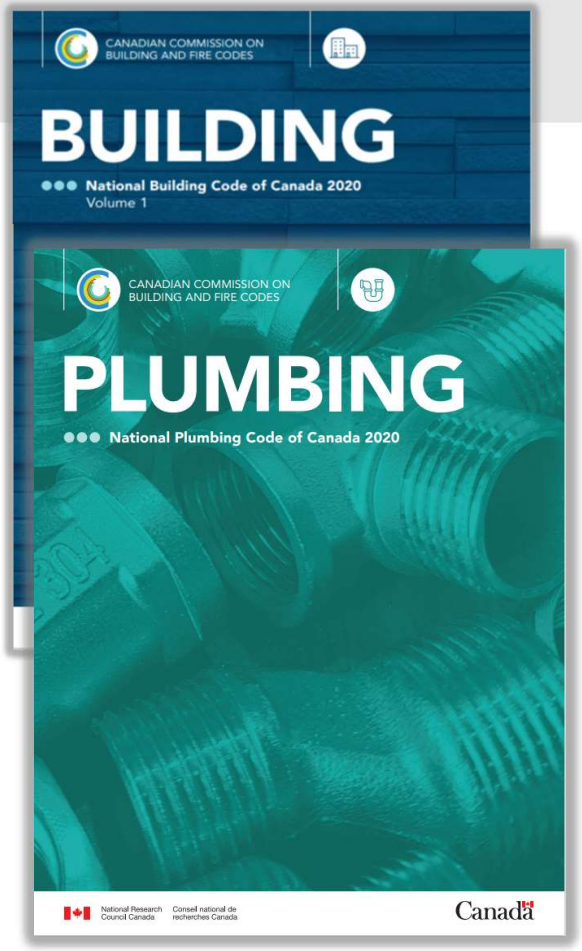
RRLS? (Runoff Requirements Large Storms)

RRG? (Runoff Reduction Goals)

HPI? Hydrologic Performance Index

Réduction du ruissellement (run off) et de l'intensité

Limitations des Codes / Standards



Aucune méthode d'essai normalisée ni aucune directive pour la conception et la construction des NBS-CR

Aucun indicateur spécifique pour quantifier la performance en rétention/détention des NBS-CR

Applicable aux modules, pas de system complet

- Climatic data on rainfall intensities for different zones in Appendix C, Division B
- Structural Loads Specification
- Ponding Instability due to Rain Loads
- Roof slope requirements
- Secondary drainage requirements
- Reference on the vegetative roofing system and *performance of protective materials* to the German landscape Research, Development and Construction Society's (FLL) and in the National Roofing Contractors Association's
- Drainage requirements (primary and secondary)
- Capacity of drainage system
- Hydraulic loads and drainage sizes



Designation: E2397/E2397M – 19

Standard Practice for Determination of Dead Loads and Live Loads Associated with Vegetative (Green) Roof Systems[1]

Designation: E2399/E2399M – 19

Standard Test Method for Maximum Media Density for Dead Load Analysis of Vegetative (Green) Roof Systems[1]

Designation: E2398/E2398M – 19

Standard Test Method for Water Capture and Media Retention of Geocomposite Drain Layers for Vegetative (Green) Roof Systems[1]

NBS-CR Consortium

NBS-CR Consortium



Policy Makers

Academia Members

NBS-CR Consortium
Objectifs et plan de recherche

Élaborer une méthode d'essai pour quantifier la performance hydrologique des NBS-CR à l'aide d'un simulateur de pluie.

Tests contrôlés en laboratoire

Rain simulator (Low and High Intensity rainfall events)
- Mid-scale (Dynamic Rain Simulator (DRS) – 8x12 ft),
- Accelerated drying

Tests contrôlés en terrain

Rain simulator (Low and High Intensity rainfall events)
- Large Scale (Field Rain Simulator (FRS) - 12ft x 19ft),
- Simulate extreme rainfall events in natural exposure
- ET
- Flow control drains

Measures réelles de terrain

- **Large-scale** (12ft x 19ft)
- Measure natural rainfall and seasonal fluctuations,
- ET

→ Données de recherche **NBS- CR**

- **Norme pour quantifier la performance de rétention / détention des NBS-CR**
- **Créer les bases pour adoption dans l'ensemble de l'industrie de construction**

Importance des tests contrôlés en laboratoire

Simuler les précipitations

Simuler des épisodes de pluie (durée, quantité, intensité, répétitions)

Performances hydrologiques

Obtenir les performances hydrologiques des NBS-CR en conditions réelles

Application en laboratoire

facile à mettre en œuvre en laboratoire (où aucune méthode n'existe actuellement)

Différents Designs/Systèmes

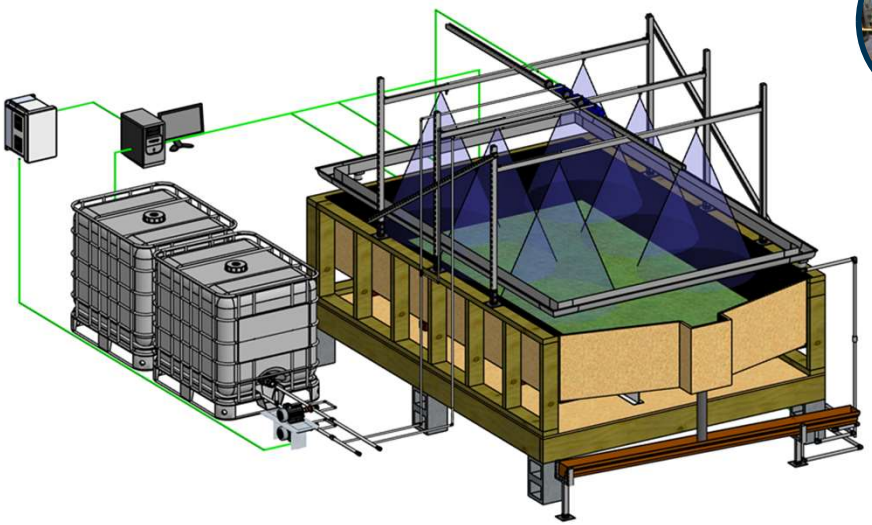
Permettre de tester toute de solutions NBS-CR

Résultats rapides

Obtenir des résultats rapidement – en utilisant simulateur de pluie et séchage accéléré



Tests contrôlés en laboratoire





Simulateur de pluie dynamique

(Dynamic Rain Simulator, DRS)



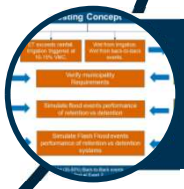
Caractérisation des précipitations

(Rain characterization)



Étalonnage

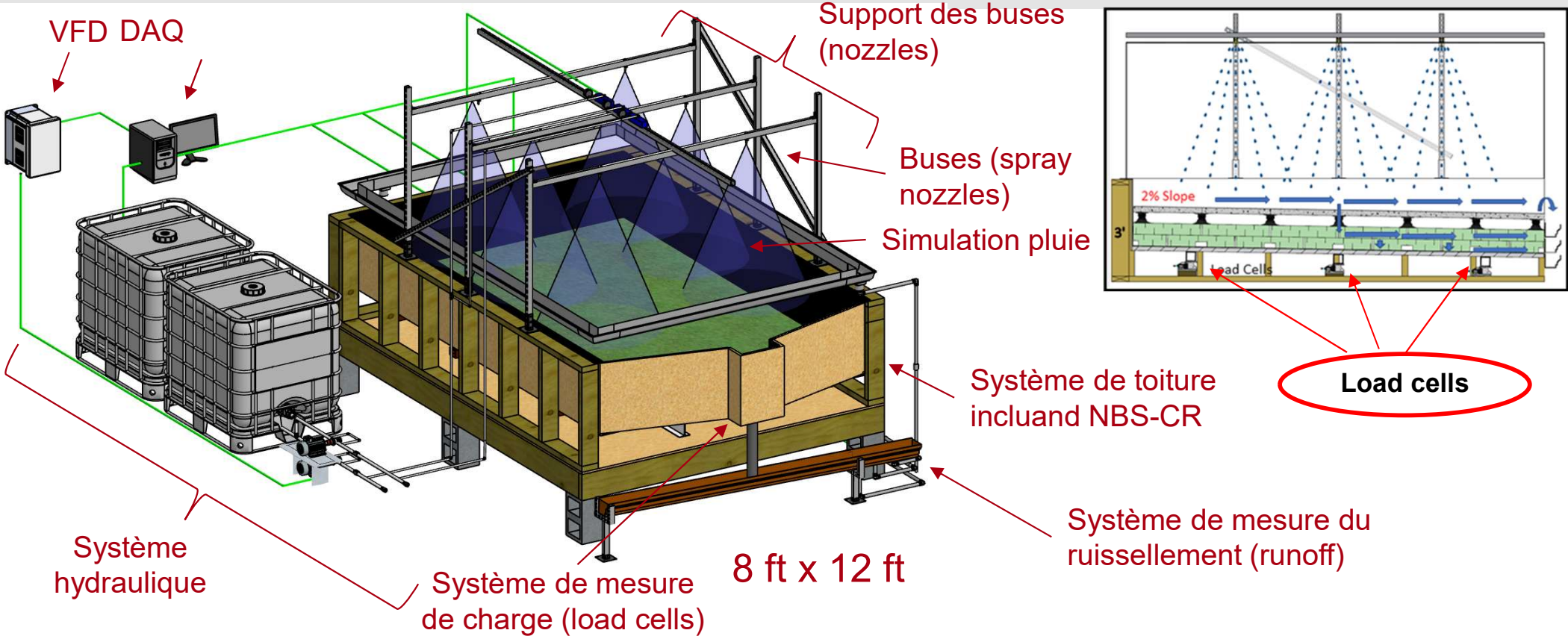
(Calibration)



Protocole d'essai

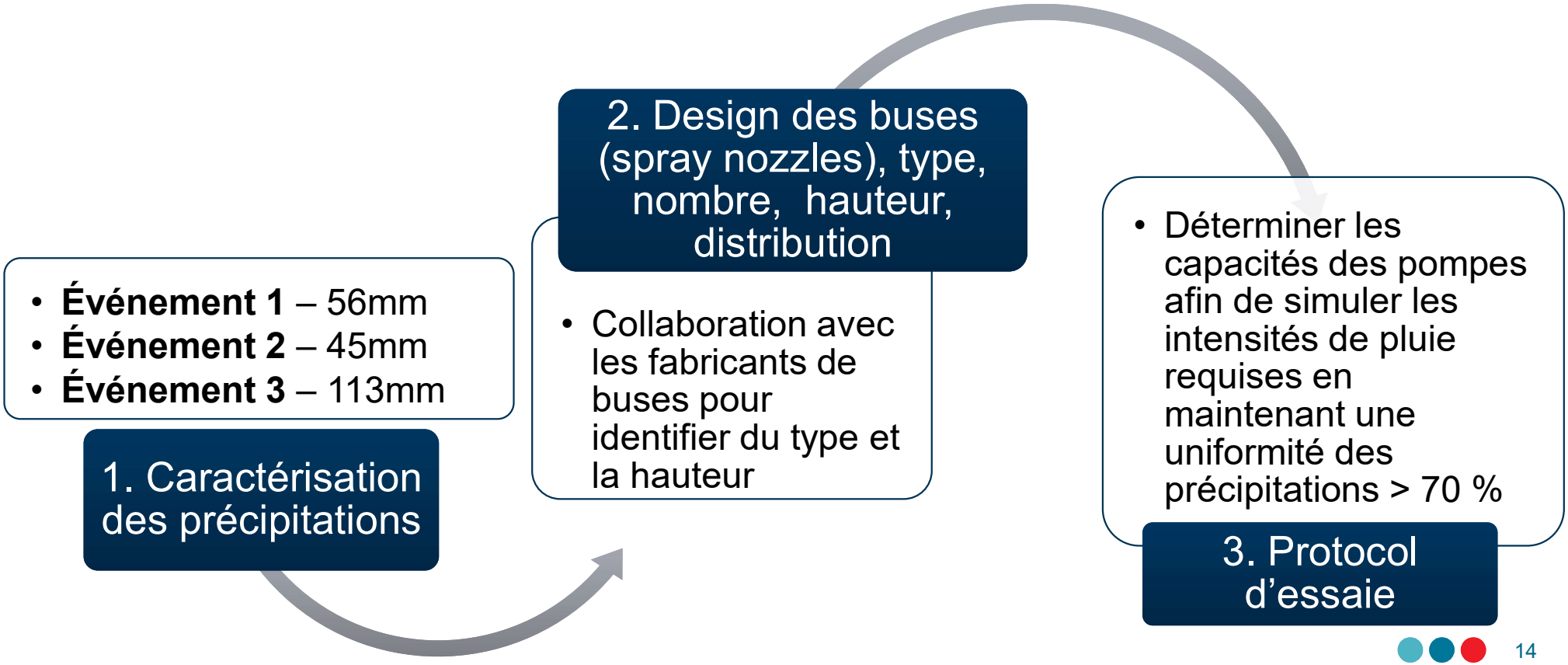
(Test Protocol)

Simulateur de pluie dynamique
(Dynamic Rain Simulator, DRS)



(0.11- 6.6 mm/min) [6.6 mm/min → 400 mm /hr]

Simulateur d'événements de pluie: Quoi et comment?



1- Caractérisation des précipitations

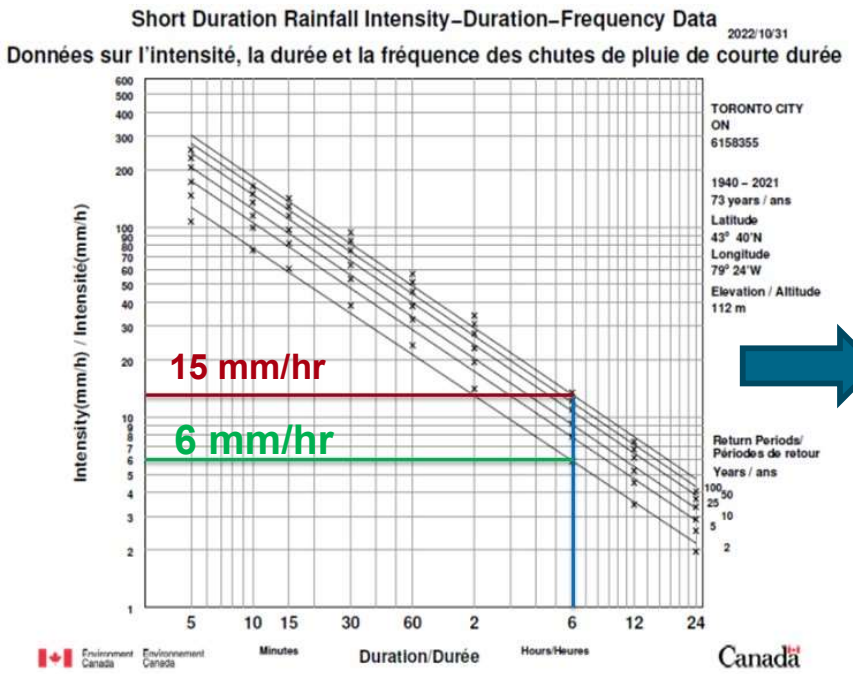
Régulations municipales

Cities Policies	Vancouver	Toronto	Montreal
Stormwater Design	5 yr return period designing residential stormwater management system	2 yr return period minor system	25 yr return period for overflow control
	10 yr return period used for Business, commercial, industrial, downtown core		
	25 yr return period for all trunk sewers (tributary area > 40 ha)	100 yr return period major system	25 yr return period plus 10% climate change for flow control
	100 yr return period for the major systems (roadways, culverts, ditches, and surface flood paths, water courses)		
Volume Target	The first 24 mm of rainwater in 24 hours period shall be detained	**Tier 1:** Retain runoff generated from a minimum of the first 5 mm depth of rainfall from all site surfaces through infiltration, evapotranspiration, water harvesting and reuse.	25 mm short water detention and slow release (EPA Guide)
		Tier 2: Retain a minimum of 10 mm depth	25 mm quality control
		Tier 3: Retain a minimum 25 mm	

1- Caractérisation des précipitations

Identification des épisodes à partir des courbes IDF (Intensité-Durée-Fréquence)

Toronto



Scenarios de précipitations

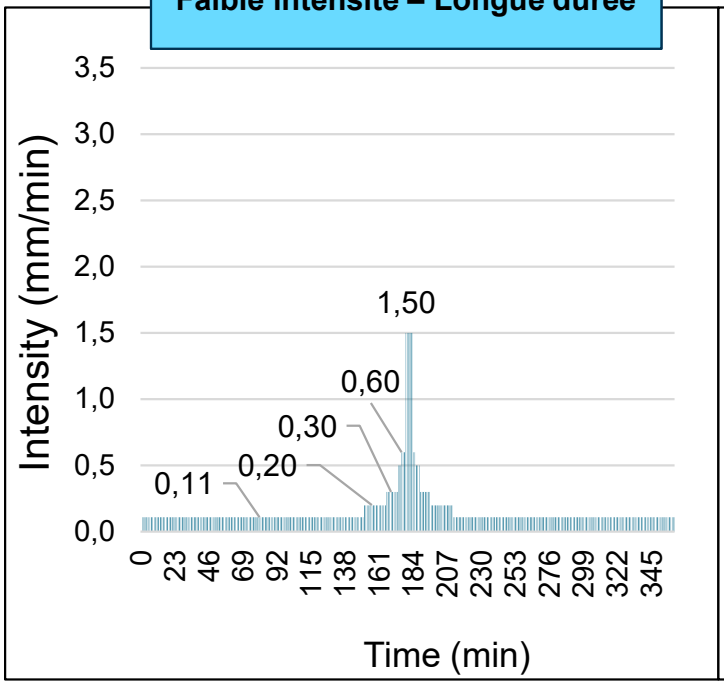
	Événement 1 Faible intensité – Longue durée Vérifier exigences municipales	Événement 2 Haute intensité – courte durée	Événement 3 Haute intensité – Longue durée
	6 hours (2 year return period)	Flash flood (100 year return period)	6 hours (100 year return period)
Rain Depth	56 mm	45 mm	113 mm
Duration	6 hours	1 hour	6 hours
Peak Intensity	1.5 mm/min	3.2 mm/min	2.8 mm/min
Referred	Low I -6 h	High I -60 min	High I – 6 hours

Les courbes intensité-durée-fréquence (IDF) décrivent la probabilité d'une série d'épisodes pluvieux extrêmes.

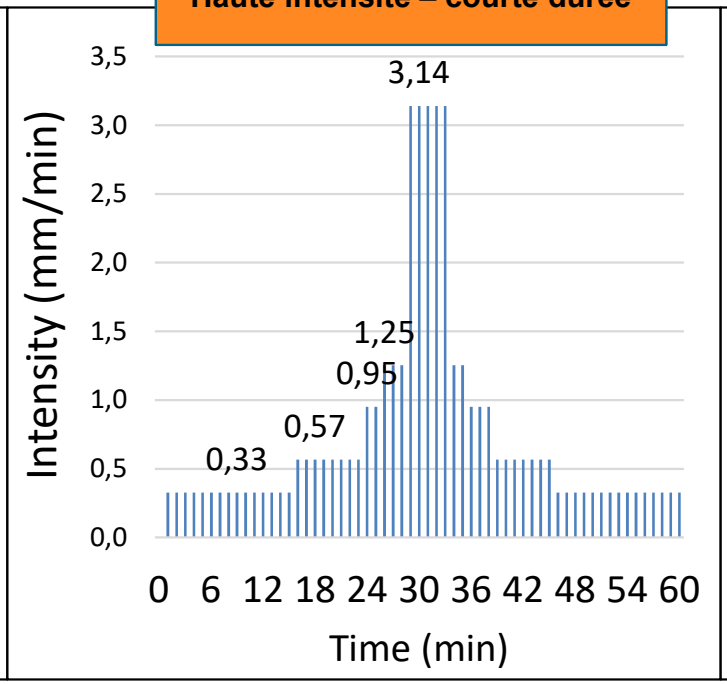
1- Caractérisation des précipitations

Hyétogramme: intensité (en mm/h) en fonction du temps

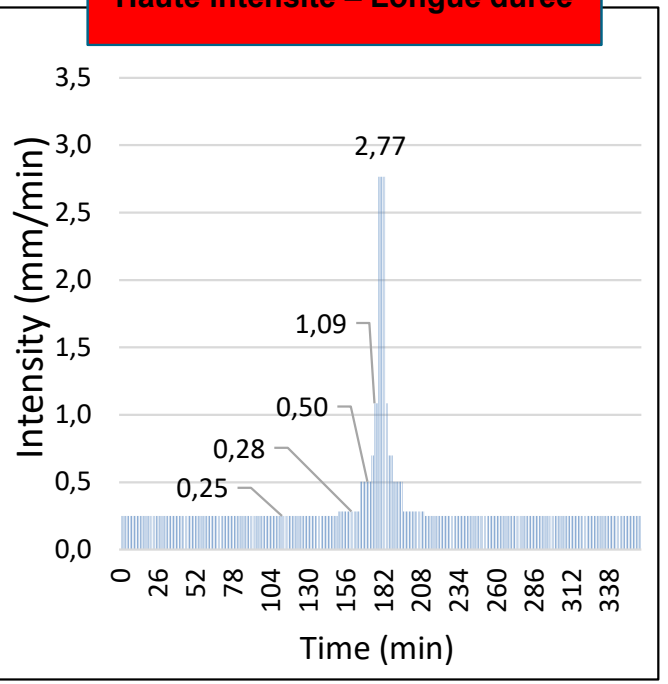
Événement 1: 56 mm (6h)
Faible intensité – Longue durée



Événement 2 :45 mm (1h)
Haute intensité – courte durée



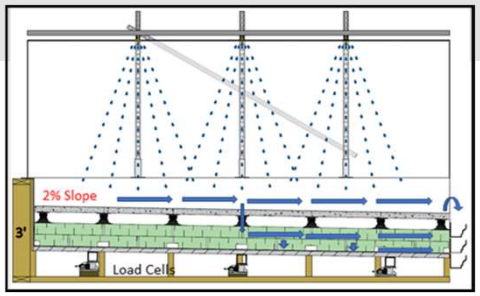
Événement 3: 113 mm (6h)
Haute intensité – Longue durée

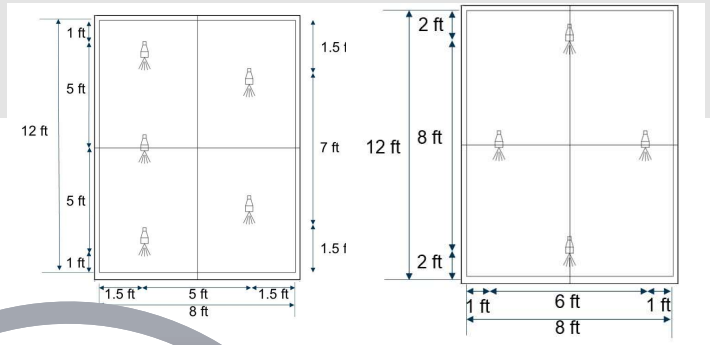


<u>Remarque</u> : la quantité et l'intensité des précipitations sont conçues pour rester dans les limites de capacité du banc d'essais (nombre de buses, taille réservoir et durée du test)

2. Design des buses (spray nozzles)







- Collaboration avec les fabricants de buse pour le design du système de buses (type, nombre, hauteur, distribution)

Type de buses, nombre, hauteur, distribution

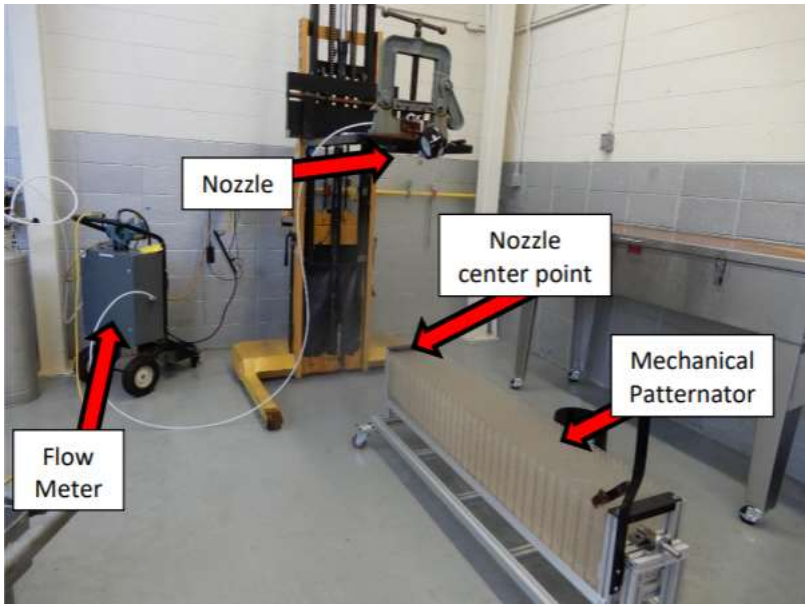
Calibration du débit

- Déterminer les débits des pompes pour simuler les intensités de pluie requises

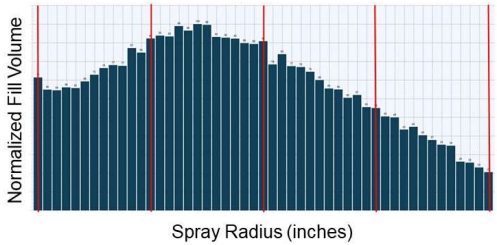
- Uniformité spatiale doit être supérieure à 70 % pour les différents scenario de pluie

Calibration spatiale

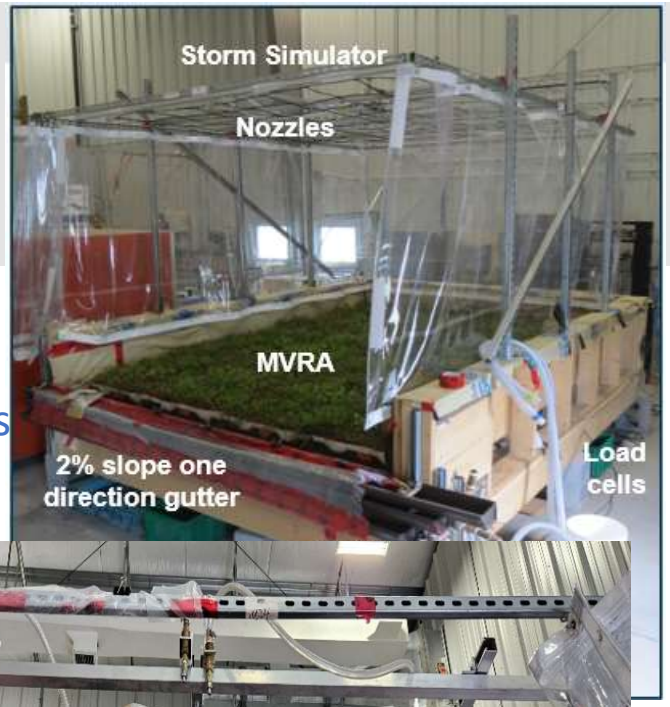
Nombre, hauteur, distribution spatiale

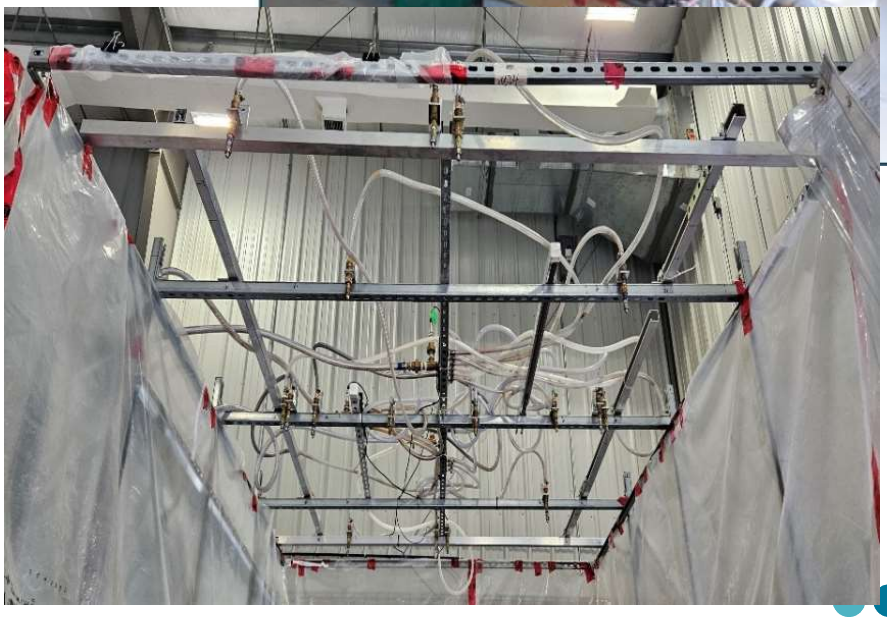


Step 1. Determination of Nozzle Configuration

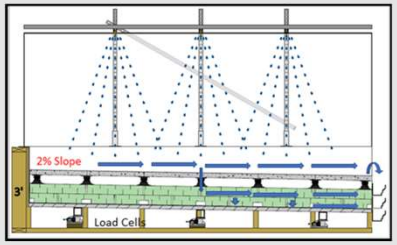


Step 2. Setting up Nozzles for Calibrations





Calibration



Événement 1: 56 mm
Faible intensité – Longue durée

Water Volume (mm)

Back

32.4	53.0	47.4	39.7
31.5	55.4	55.9	54.5
52.9	68.0	54.2	46.1
68.6	83.7	54.6	39.3
64.0	85.0	74.7	61.1
44.1	72.0	79.3	60.4
38.5	63.3	53.9	48.6
63.6	68.6	51.6	48.5
89.0	74.2	60.2	45.3
73.0	81.9	66.6	33.8
48.2	80.3	67.9	40.8
35.9	77.6	64.3	35.2

8ft

12ft

Coefficient d'uniformité = **78%**

Événement 2 :45 mm
Haute intensité – courte durée

Water Volume (mm)

Back

30.1	52.3	48.2	36.8
27.0	40.6	50.1	46.6
33.6	44.2	50.8	39.5
39.4	44.9	46.1	44.9
46.5	50.6	52.9	57.4
53.1	54.5	52.0	54.8
55.5	53.5	45.9	41.9
51.3	53.3	44.5	41.0
50.2	45.5	46.7	47.9
43.8	42.7	47.4	38.8
39.7	51.9	48.7	38.6
34.3	56.6	54.9	38.4

Coefficient d'uniformité = **88%**

Événement 3: 113 mm
Haute intensité – Longue durée

Water Volume (mm)

Back

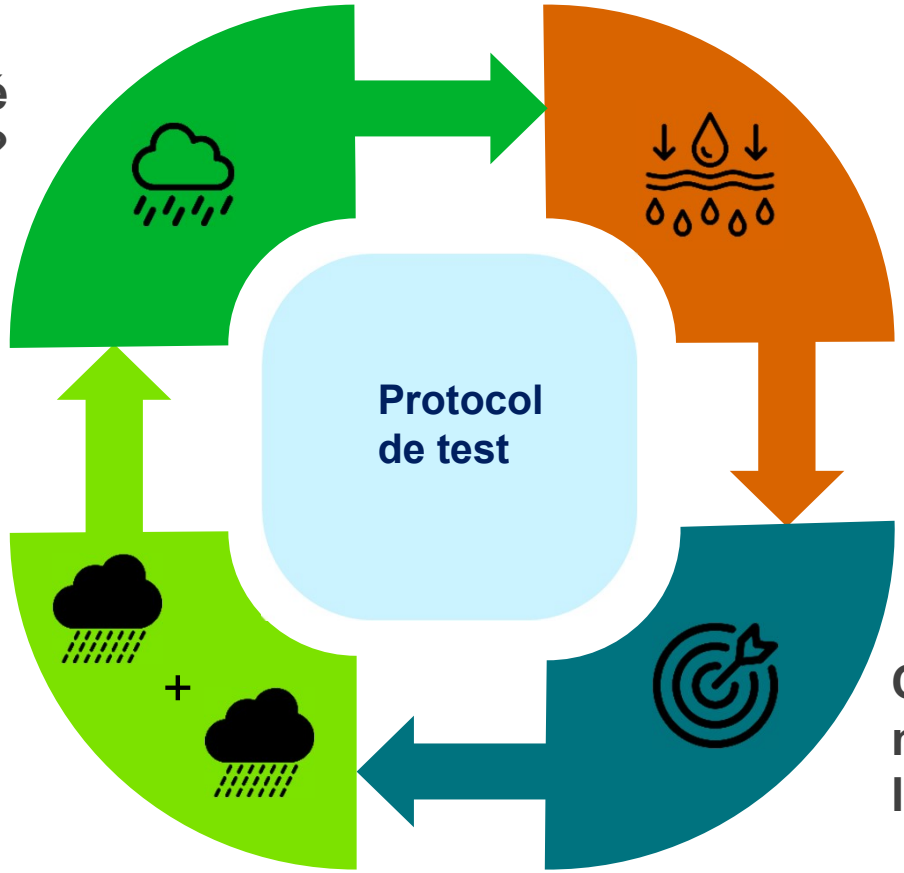
68.4	120.4	76.3	77.6
72.0	111.6	109.7	153.2
112.1	139.4	131.0	99.6
116.9	123.9	127.4	85.5
142.2	138.8	143.2	156.3
118.2	149.6	106.9	124.4
84.6	124.6	77.1	70.7
123.2	136.1	84.7	92.7
130.9	109.2	126.4	127.1
139.3	112.4	130.2	80.1
109.4	136.7	150.1	106.0
81.2	148.2	133.7	115.3

Coefficient d'uniformité = **82%**

3. Protocol d’essai

Quel type/intensité d’averse?

Quel est taux d'humidité avant l’essaie? (pre-storm moisture)

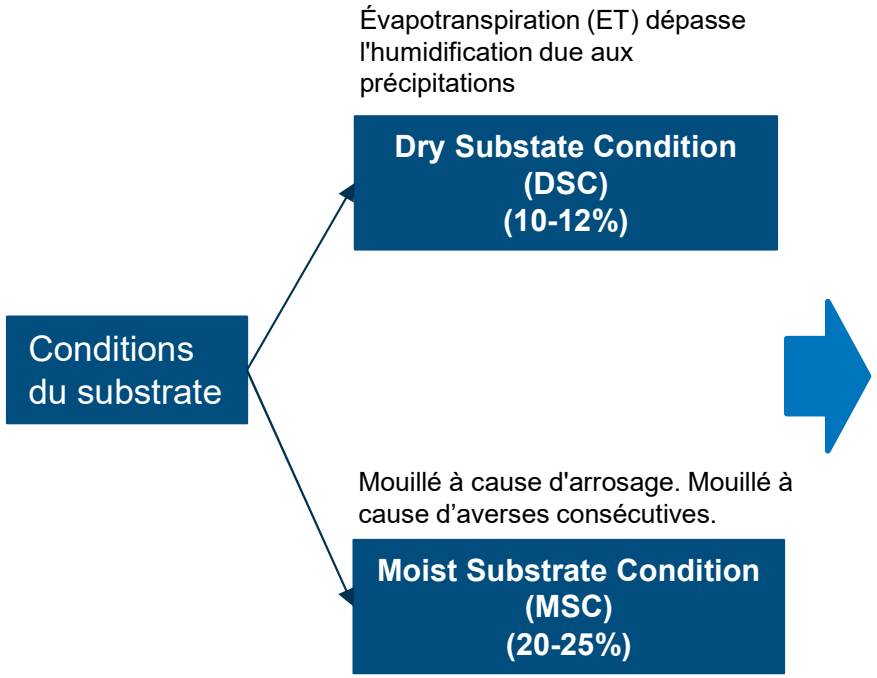


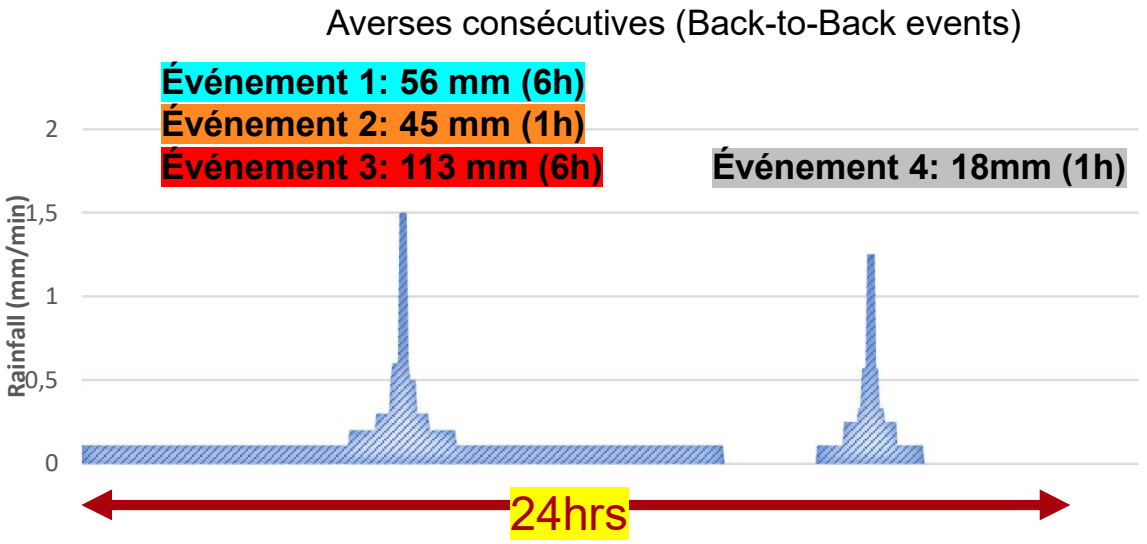
Quel est le comportement du toit végétalisé face à des averses successives?

Comment ajuster le niveaux d'humidité en lab?

Essais dans des conditions d'humidité variables

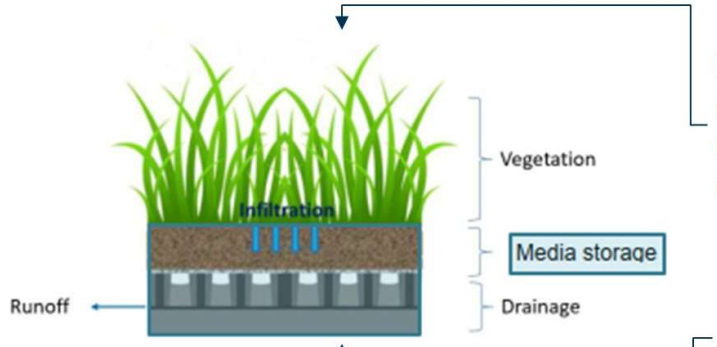
Lors d'un épisode de pluie, l'état du substrat n'est pas connu. Minium deux conditions d'humidité seront donc simulées et leur impact sur les performances hydrologiques sera étudié. Ces conditions d'humidité seront obtenus en laboratoire grâce à un procédé de **séchage artificiel** (Artificial Drying, AD). Le séchage artificiel cherche a simuler le processus d'évapotranspiration (ET). Une condition d'humidité serait retenue pour l'élaboration de la norme d'essai.





Après évènement 1 à 3, les échantillons de toiture végétalisée feront l'objet de l'évènement 4 afin d'évaluer leurs performances hydrologiques avec des averses consécutives.

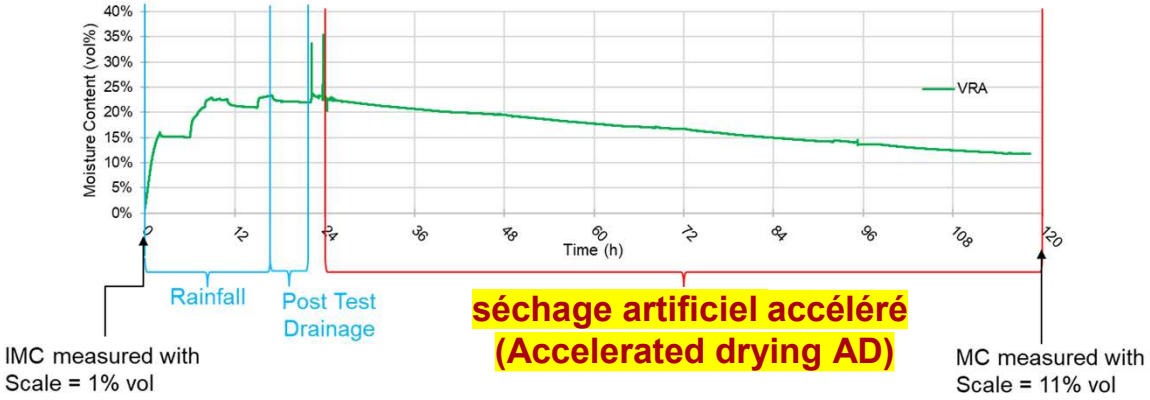
Comment ajuster le niveaux d'humidité en lab?



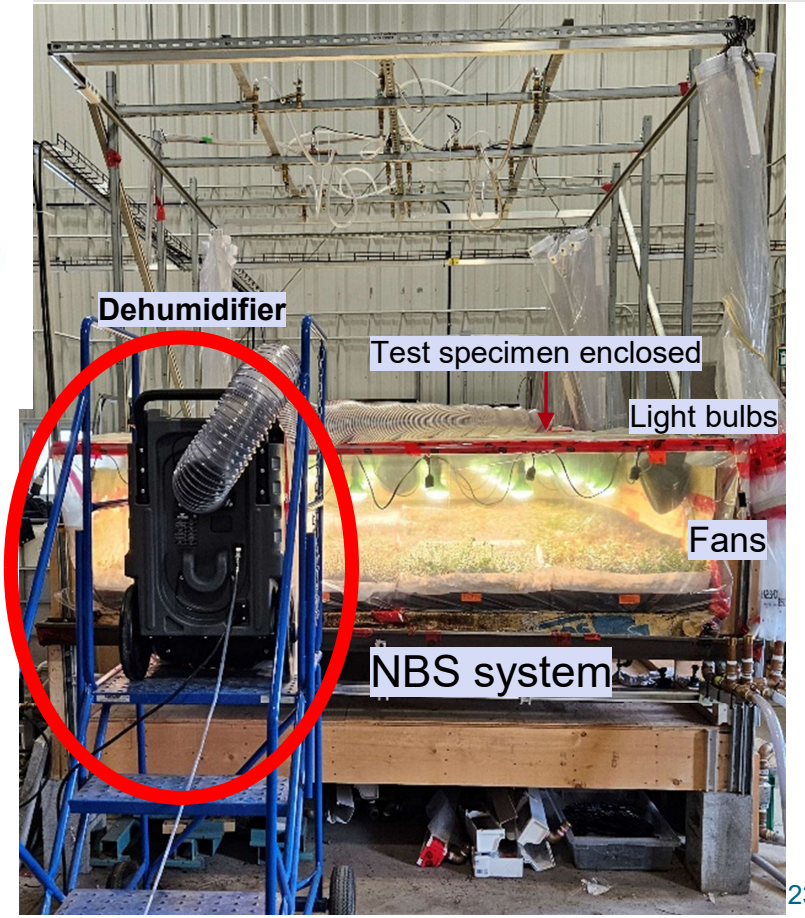
Moisture sensors embedded in substrate are utilized to measure moisture changes through variable substrate depths

Load Cells beneath the rain storm simulator structure are utilized to measure weight changes over time and estimate water level.

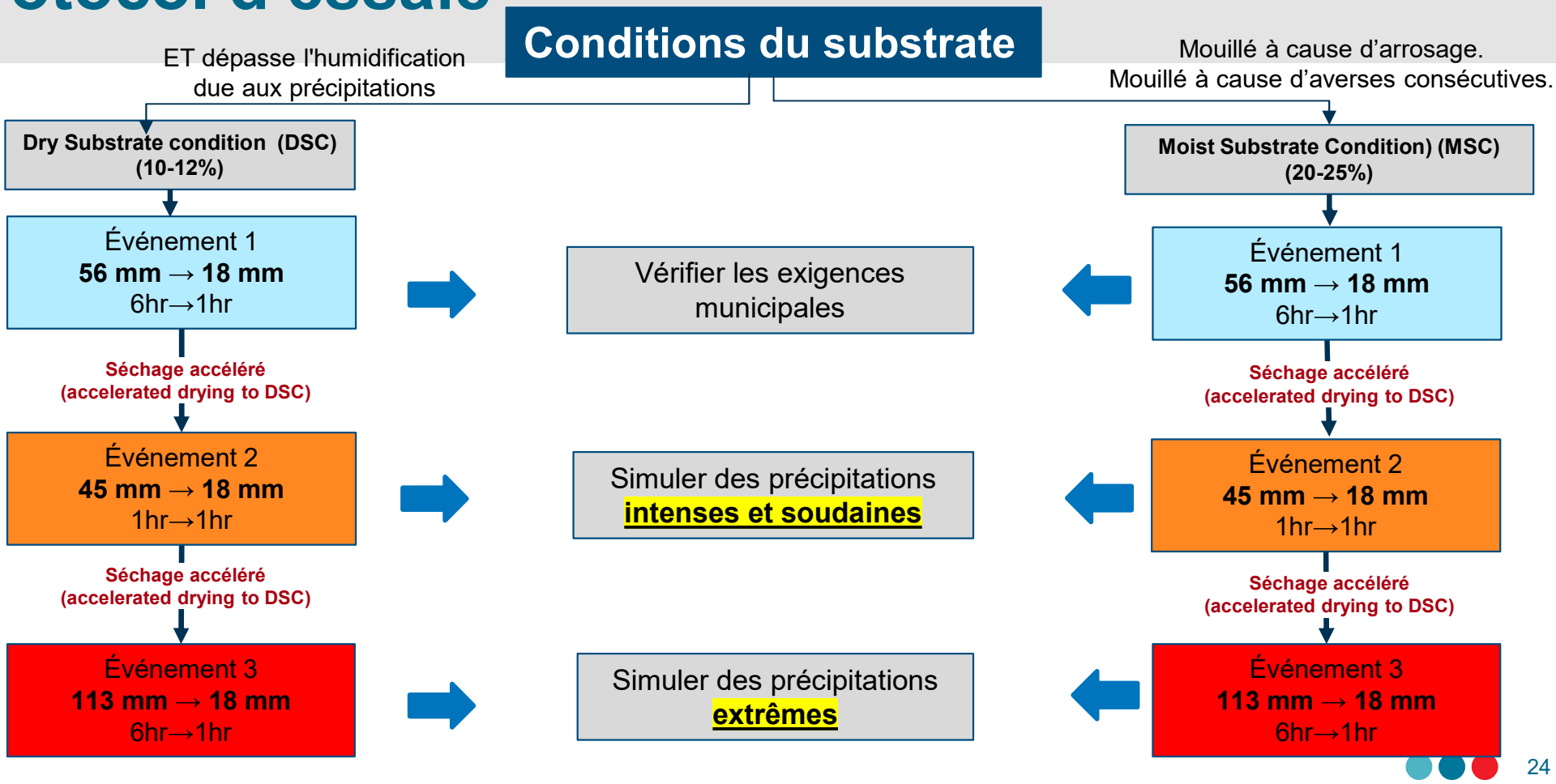
- Séchage accéléré permet réduction humidité de **4 % to 6% par jour**



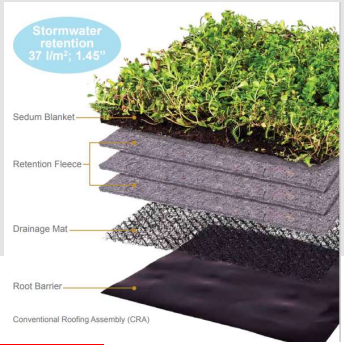
séchage artificiel accéléré (Accelerated Drying AD)



Tests contrôlés en laboratoire – development du protocol d'essaie

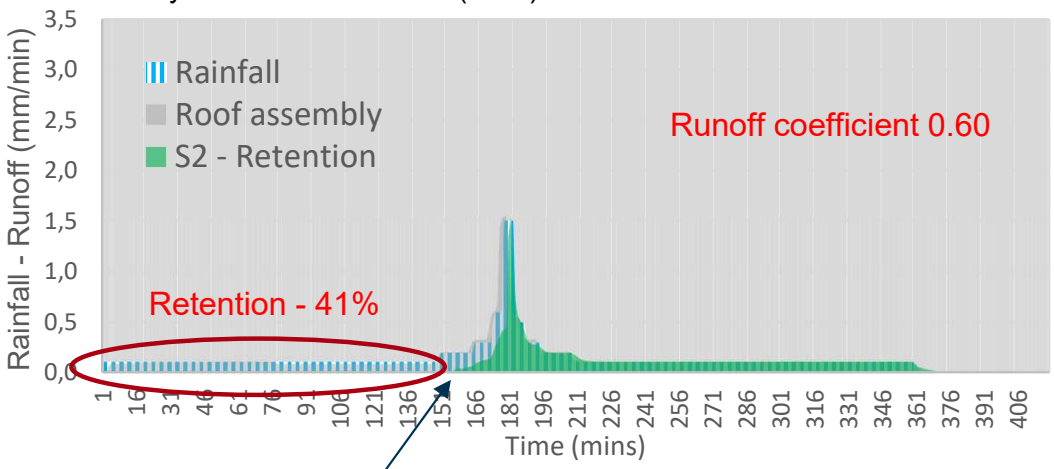


Essai pilote - Hydrogramme



Événement 1: **56 mm**

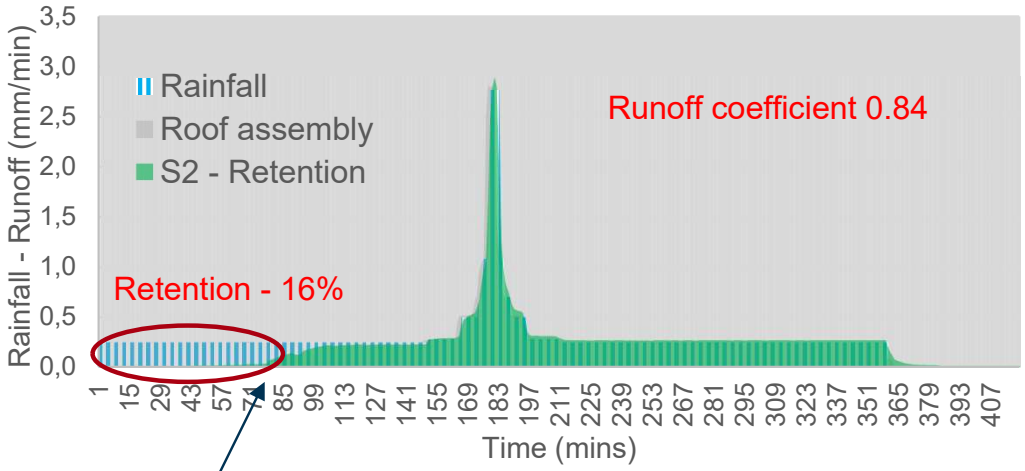
Dry Substrate condition (DSC)



Début du ruissellement – 152 mins

Événement 3: **113 mm**

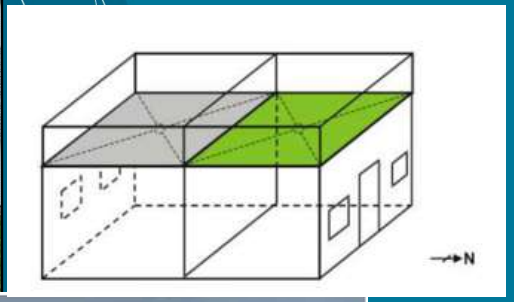
Dry Substrate condition (DSC)



Début du ruissellement– 72 mins

Approach 2 :
Mesures réelles de terrain





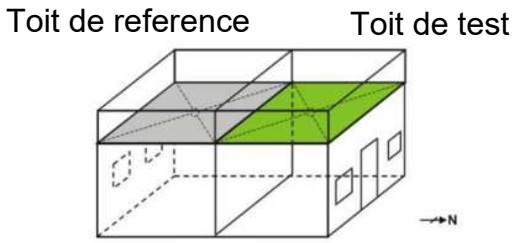


Approach 3:
Tests contrôlés en terrain

Objectives

- Collecter des données hydrologiques d'un NBS-CR sous précipitations naturelles
- Tester des précipitations artificielles sur NBS-CR exposé à des conditions naturelles
- Mesurer l'évapotranspiration (ET) en conditions naturelles.
- Générer des données pour comparaison et validation des tests réalisés en laboratoire (échantillon de 8’x12’)

Simulateur de pluie expose (Field Rain Simulator (FRS)



- Hauteur Parapet = 2’4”
- Hauteur toit = 20 ft
- 2% pente
- Diamètre drain = 2.9”
- Drainage individual par toit
- Dimension toit =14’x 25’ 6”
- Surface de test= 12 ft x 19 ft



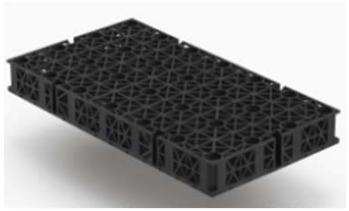
Prochaines étapes….

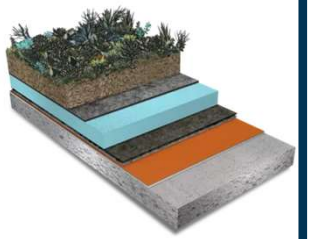

Source 1

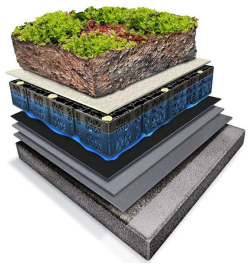

Source 2


Source 3


Source 4


Source 5


Source 6

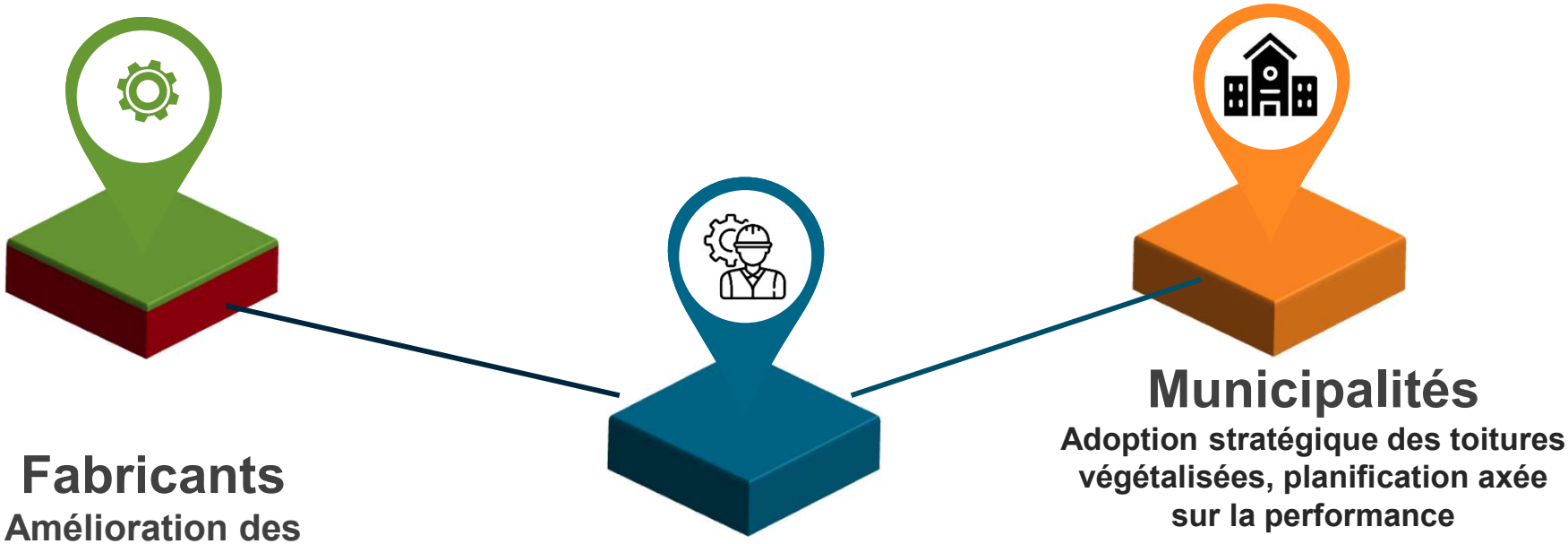

Source 7


Source 8

Données de recherche
NBS- CR

- **Norme pour quantifier la performance de rétention / détention des NBS-CR**
- **Créer les bases pour adoption dans l'ensemble de l'industrie de construction**

Impact d’une norme canadienne NBS-CR



Fabricants
Amélioration des produits

Municipalités
Adoption stratégique des toitures végétalisées, planification axée sur la performance

Ingénieurs & designers
Sélection et conception de toitures végétales fondées sur des données

NRC·CNRC

NRC.CANADA.CA

Questions?

Sudha Molleti
sudhakar.molleti@nrc-cnrc.gc.ca