

## ATELIER 1 LE VÉGÉTAL ET LE BÂTIMENT

# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

Rémy **BOURNIQUE**  
INSA LYON

Jean-Christophe **GRIMARD**  
Le Prieuré – Vegetal i.D

# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE



## AUTEURS

**Rémy BOURNIQUE**

Ingénieur Projet INSA

Département Hydrologie Urbaine

**Jean-Christophe GRIMARD**

Dir R&D LE PRIEURÉ

Pôle DREAM Eau et Milieu



**SOLARIMPULSE**  
FOUNDATION



## LE CYCLE DE L'EAU



Urbanisation + Imperméabilisation + Modification climatique

→ *Modification du cycle de l'eau*

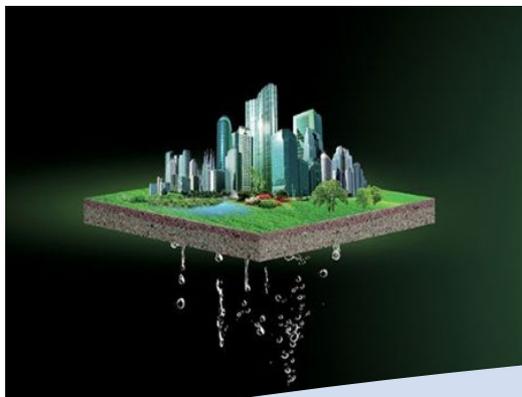
- **Ruissellement de surface** intense → dégâts, engorgement réseaux,
- Risques **d'inondation** se multiplient,
- Risques de **pollution** accrus : lessivage des sols → dégradation du milieu aquatique,
- **Les villes se réchauffent**

# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

## LES ENJEUX DE LA GESTION EAUX PLUVIALES



●  
**Ville  
imperméable**



●  
**Ville  
perméable**



●  
**Ville  
respirante**

# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

## TOITURES VÉGÉTALISÉES CLASSIQUES (TTV)

Des solutions « sous la goutte », sans emprise foncière

Leur rôle hydraulique :

- Réduire les volumes ruisselés
- Réduire et retarder les pics débit en aval

Intérêt hydraulique limité :

- **Saturation** → pas de contrôle Débit d'évacuation au réseau.
- Volumes stockés restent **insuffisants**.
- **Pas d'optimisation** de la ressource en eau.



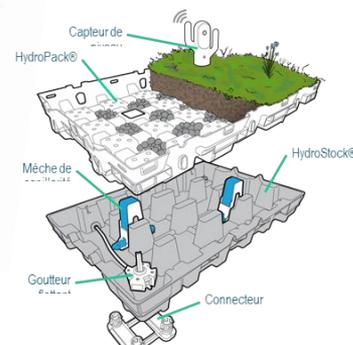
# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

## EXPÉRIMENTATION : LES SYSTÈMES TESTÉS

### Bac pré-cultivé TTV classique



### Système hydroactif double bacs stockant/régulant **OASIS**



# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE



## L'EXPÉRIMENTATION

- Mesure des performances hydrologiques de OASIS (vs. toiture végétalisée classique et vs. toiture témoin non végétalisée)
- Mesure de l'effet thermique sur le bâtiment + son environnement



**Mions, Grand Lyon**



**Station météo**



**3 modules végétalisés de 5 m<sup>2</sup> + 1 module témoin**



**Débitmètres**



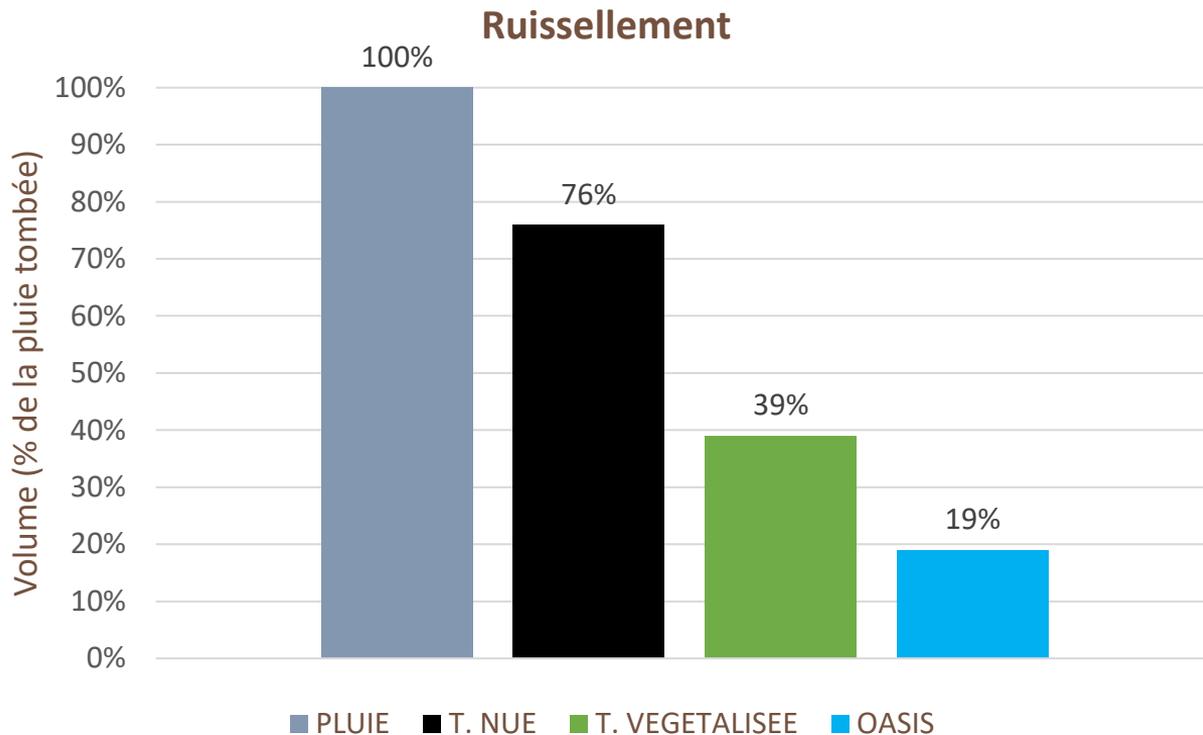
**Sondes de température + caméra thermique**

# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE



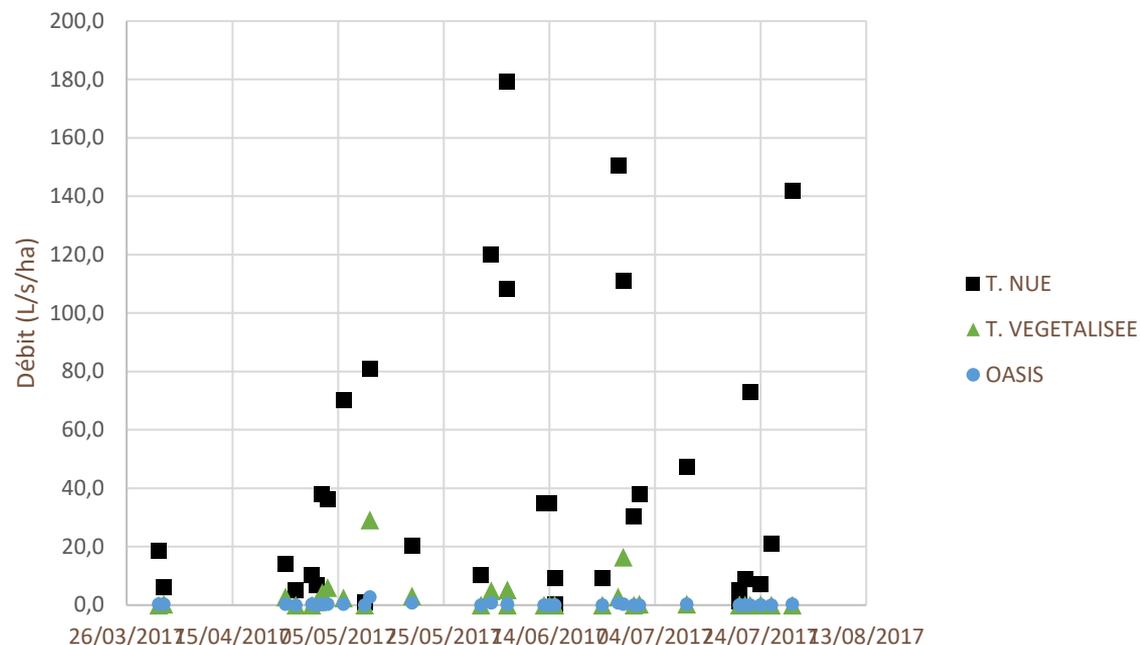
# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

## RÉSULTATS HYDROLOGIQUES (1<sup>ÈRE</sup> ANNÉE)



## RÉSULTATS HYDROLOGIQUES (1<sup>ÈRE</sup> ANNÉE)

### Débit de ruissellement maximum par évènement pluvieux



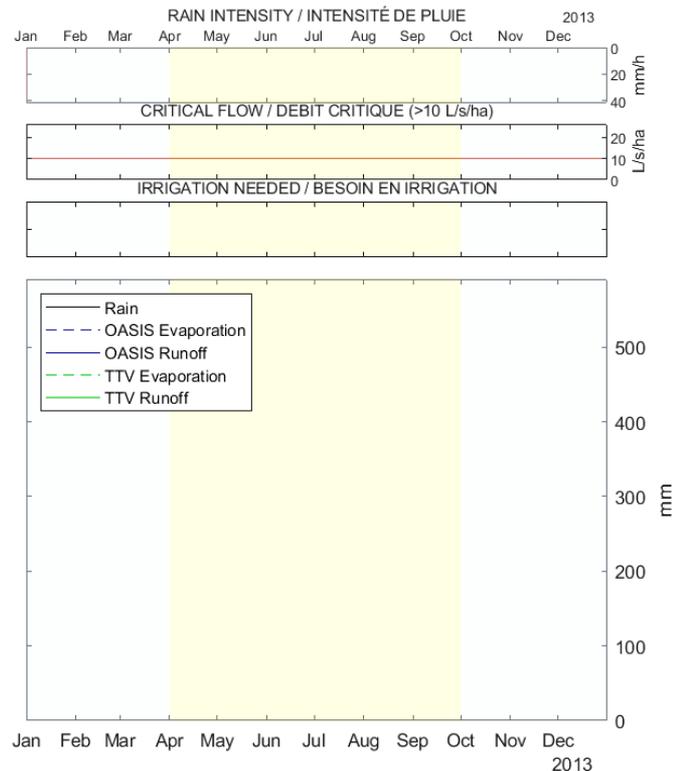
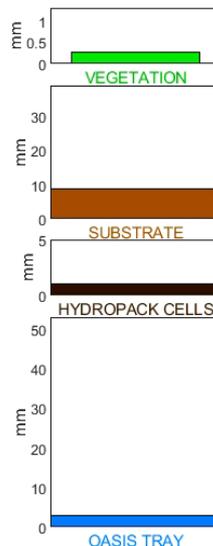
# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

## MODÉLISATION HYDROLOGIQUE

[Marignane 2013 1min-HVW vs. TTV classique]

Simulation du 01 Jan 2013 au 31 Dec 2013

01-Jan-2013

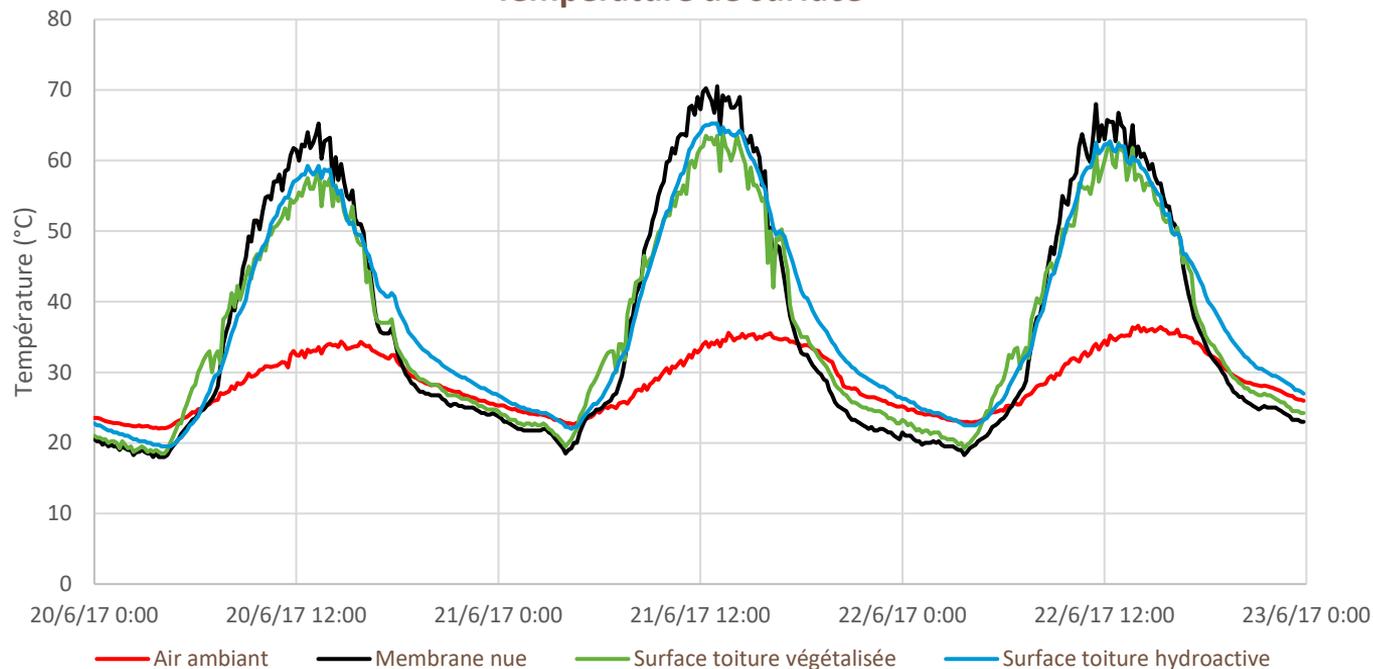


# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

## RÉSULTATS THERMIQUES - ÉTÉ - À LA SURFACE



Température de surface



# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

## RÉSULTATS THERMIQUES - ÉTÉ - À LA SURFACE



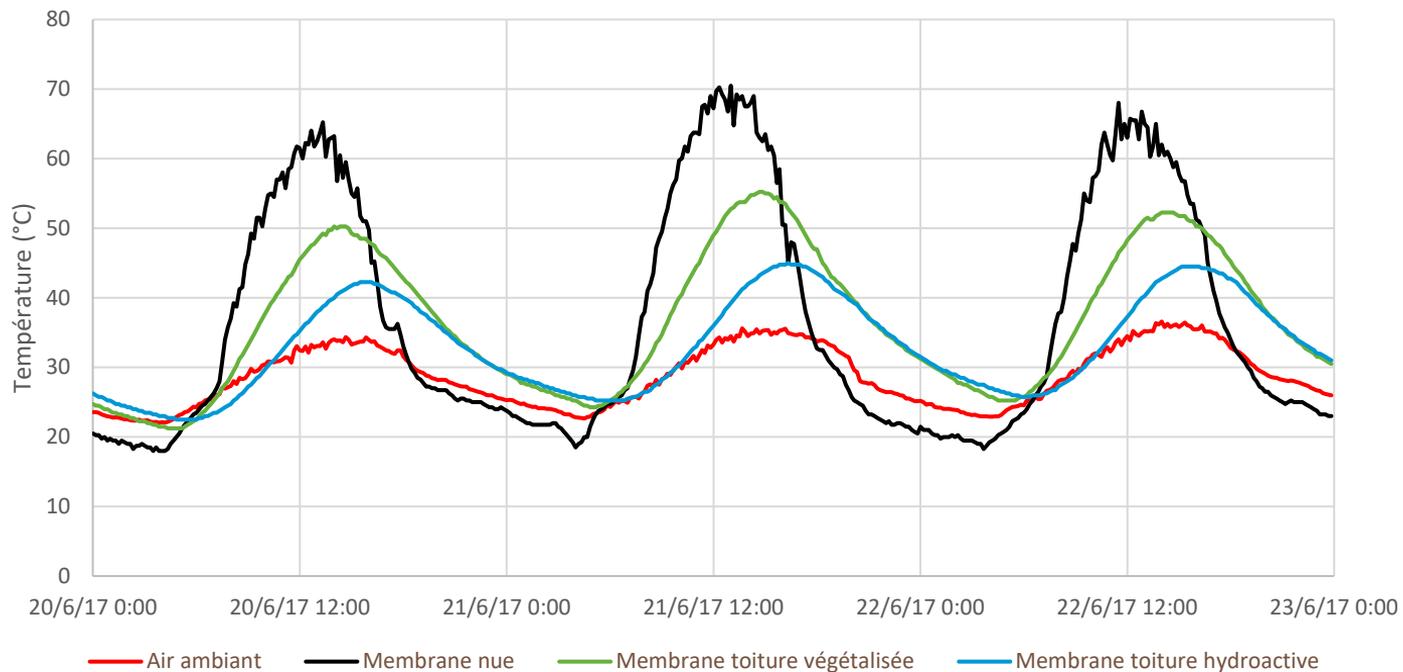
- Végétation rafraîchit la surface de **4,2°C en moyenne avec la toiture végétalisée** et **8,7°C avec la toiture hydroactive** (par rapport à la toiture nue).
- Végétation en moyenne **4°C plus fraîche avec la toiture hydroactive** (par rapport à la toiture végétalisée).
- Lors des fortes chaleurs, le sédum s'échauffe et sa température avoisine celle de la membrane nue.

# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

## RÉSULTATS THERMIQUES - ÉTÉ - MEMBRANE



### Température de la membrane



# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

## RÉSULTATS THERMIQUES - ÉTÉ - MEMBRANE



	Membrane nue	Membrane TTV	Membrane OASIS
T° max	70°C	55°C	45°C
$\Delta T$ journalier max	60°C	32°C	23°C

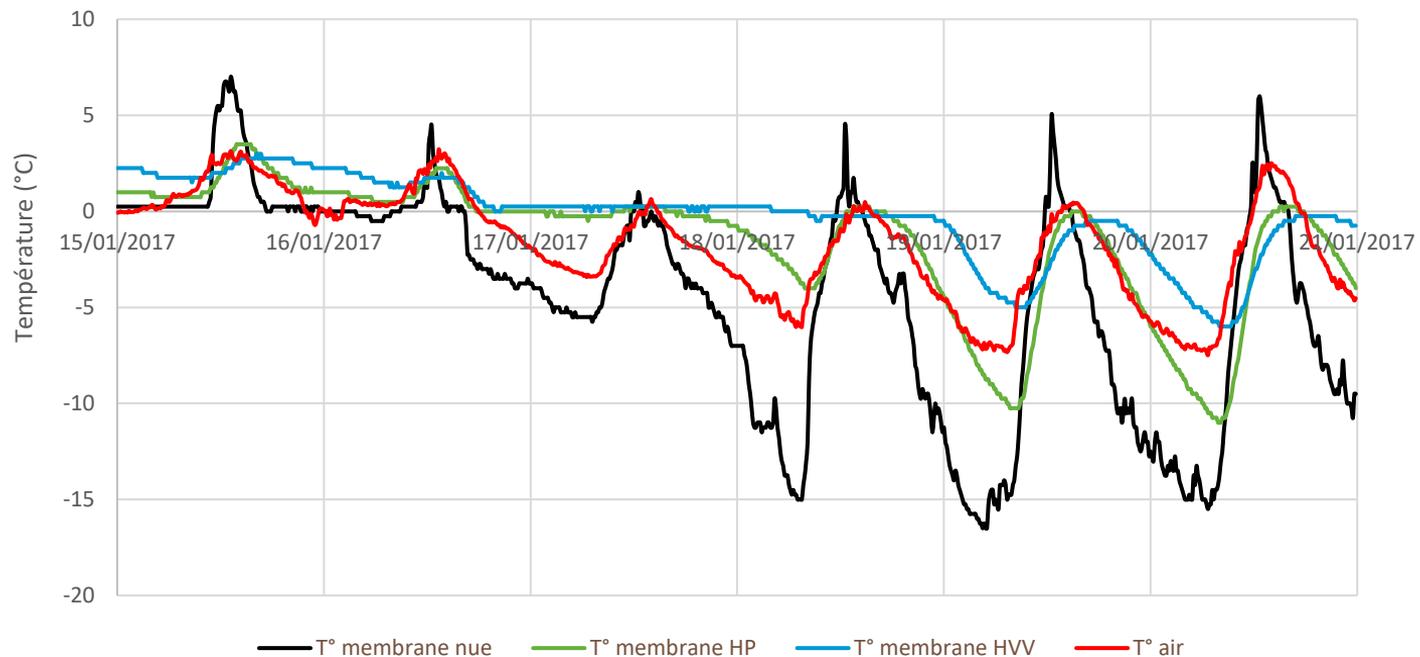
→ Forte inertie thermique des toitures végétalisées

→ Faible variation de température de la membrane sous les complexes végétalisés

# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

## RÉSULTATS THERMIQUES - HIVER (NOV / FÉV) - MEMBRANE ❄️

Température de membrane



# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

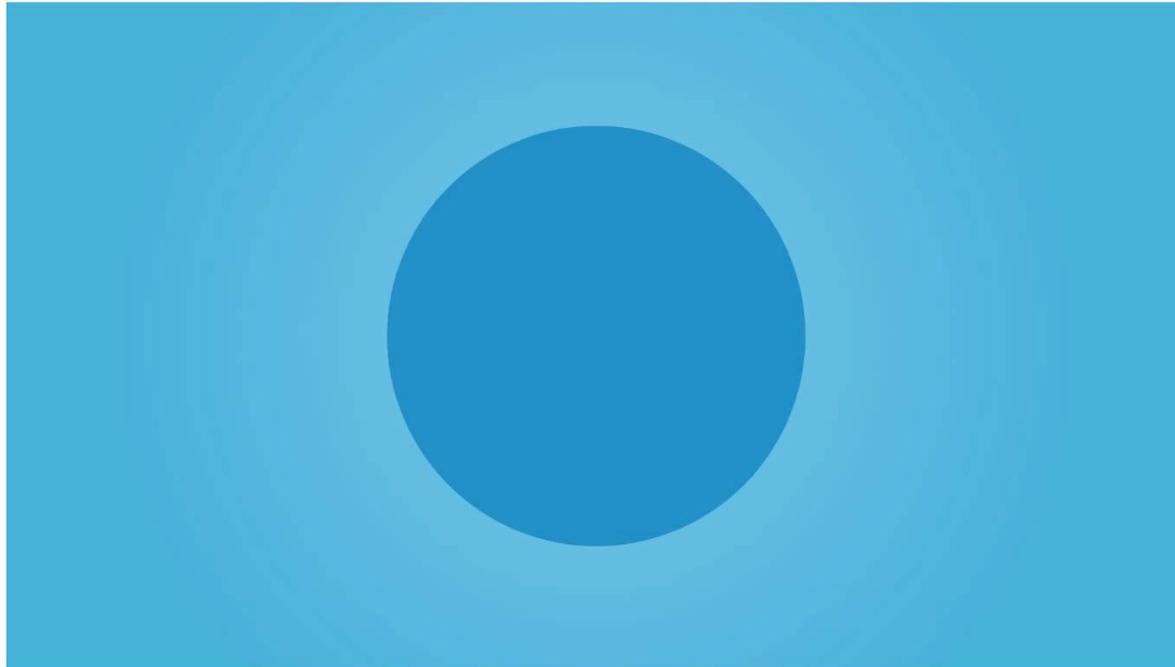
## RÉSULTATS THERMIQUES - HIVER (NOV / FÉV) - MEMBRANE ❄️

	Membrane nue	Membrane TTV	Membrane OASIS
T° max	40°C	18°C	16°C
T° min	-17°C	-11°C	-6°C
$\Delta T$ journalier max	48°C	17°C	12°C

- Forte inertie thermique de la membrane sous les complexes végétalisés
- Faible écart de température journalier
- Protection de la membrane

# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

RÉSULTATS THERMIQUES - LORS D'UNE PLUIE - À LA SURFACE 



# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

## LIMITE DE L'ÉXPÉRIMENTATION

- Inadaptée à la mesure des îlots de chaleur
  - Faible superficie (modules de 5 m<sup>2</sup>)
  - Modules proches les uns des autres
  - Brassage de l'air important
  
- Pas de mesure de flux
  
- Dépendance environnementale non mesurée
  - Composition du bâtiment
  - Mode de chauffage / climatisation
  
- Analyse qualitative



# ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE



**TTV + GEP**  
**=**  
**Ilot de Fraicheur et Valorisation de la pluie**



## *Mais aussi*

- Optimisation de l'eau, gain arrosage
- Biodiversité, Nature en ville
- Valorisation du Bâtiment
- Bien-être des Résidents

