

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*

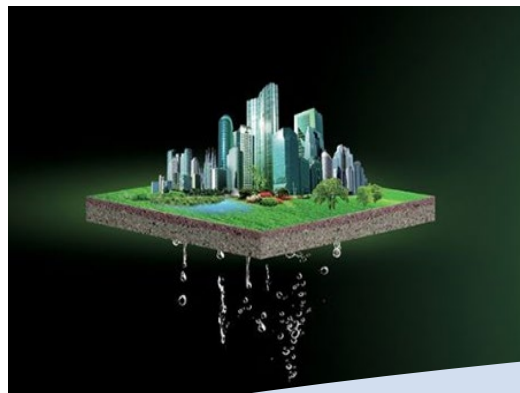
- **Ruissellement de surface** intense → dégâts, engorgement réseaux,
- Risques **d'inondation** se multiplient,
- Risques de **pollution** accrus : lessivage des sols → dégradation du milieu aquatique,
- **Les villes se réchauffent**

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.



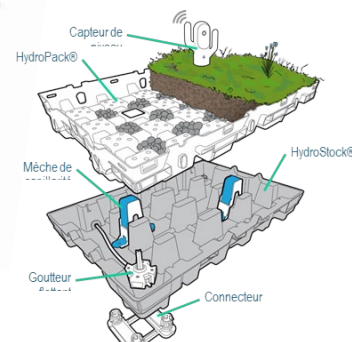
ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

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 m² + 1 module témoin



Débitmètres



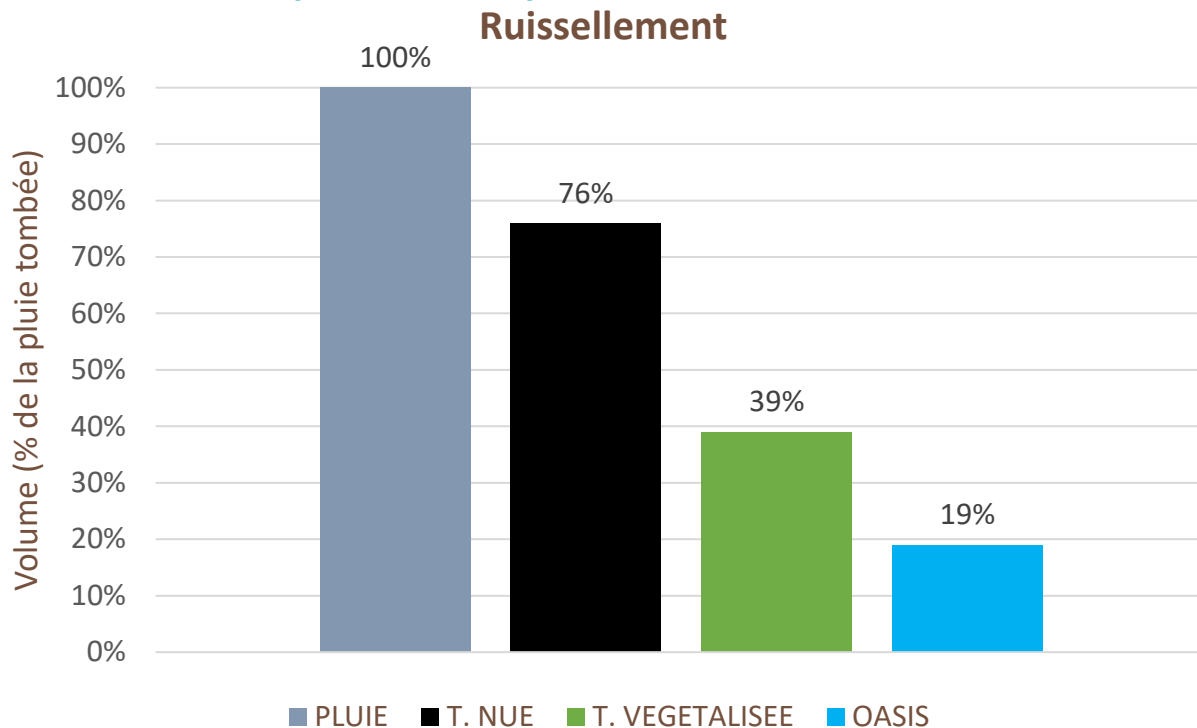
Sondes de température + caméra thermique

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



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

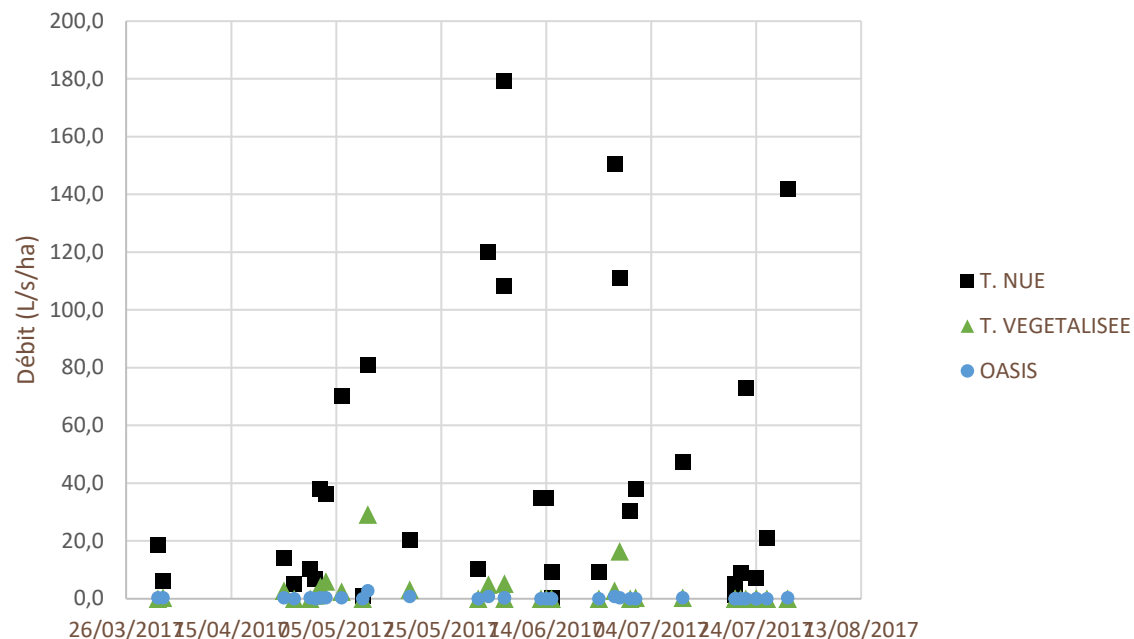
RÉSULTATS HYDROLOGIQUES (1^{ÈRE} ANNÉE)



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

RÉSULTATS HYDROLOGIQUES (1^{ÈRE} ANNÉE)

Débit de ruissellement maximum par évènement pluvieux



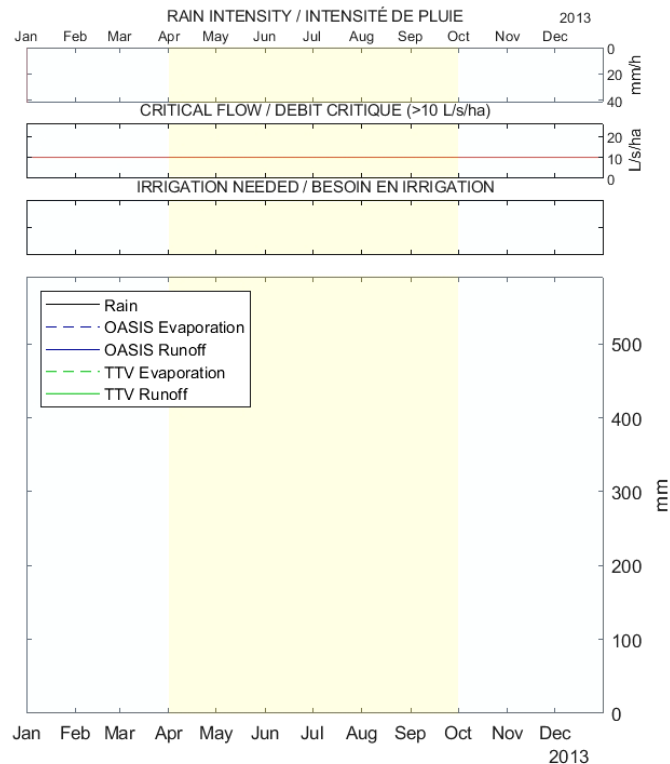
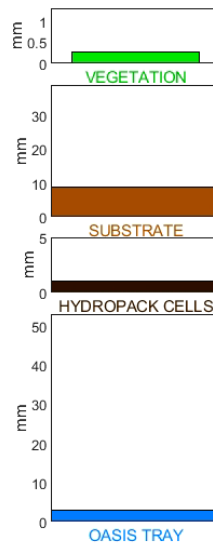
ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

MODÉLISATION HYDROLOGIQUE

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

Simulation du 01 Jan 2013 au 31 Dec 2013

01-Jan-2013

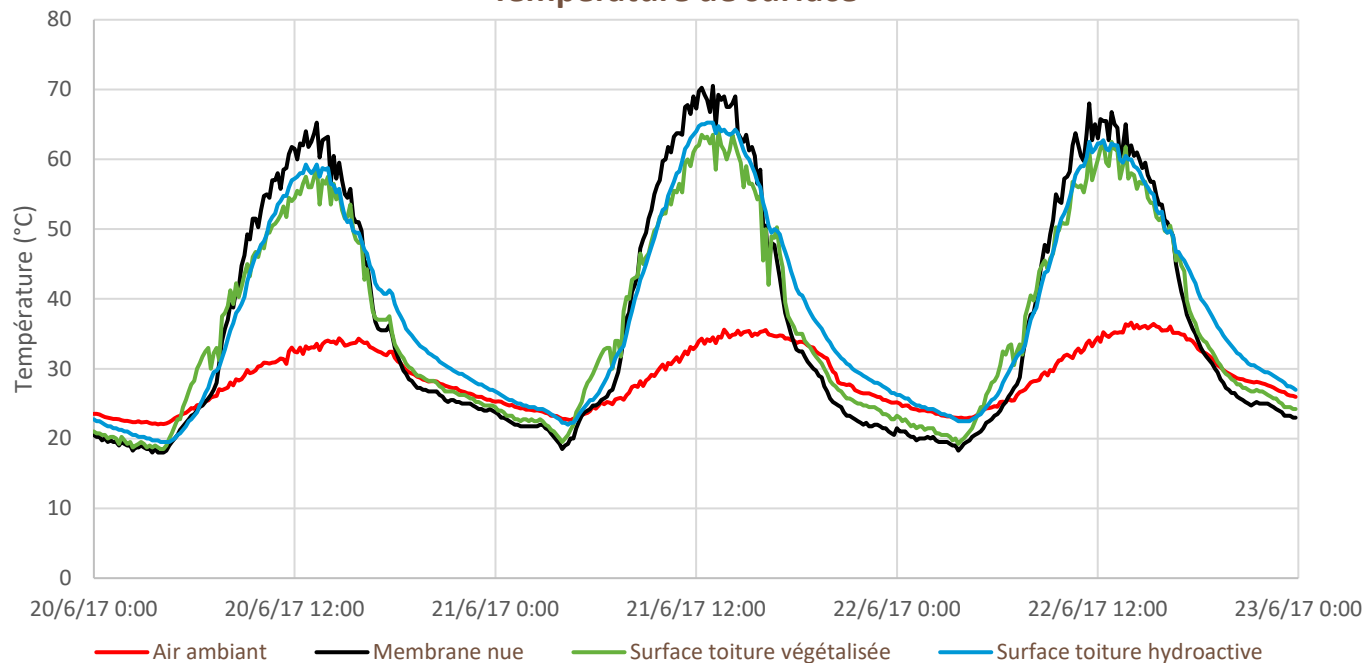


ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DU COMPORTEMENT THERMIQUE COMPARÉ DE 3 SYSTÈMES VÉGÉTALISÉS EN TOITURE

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



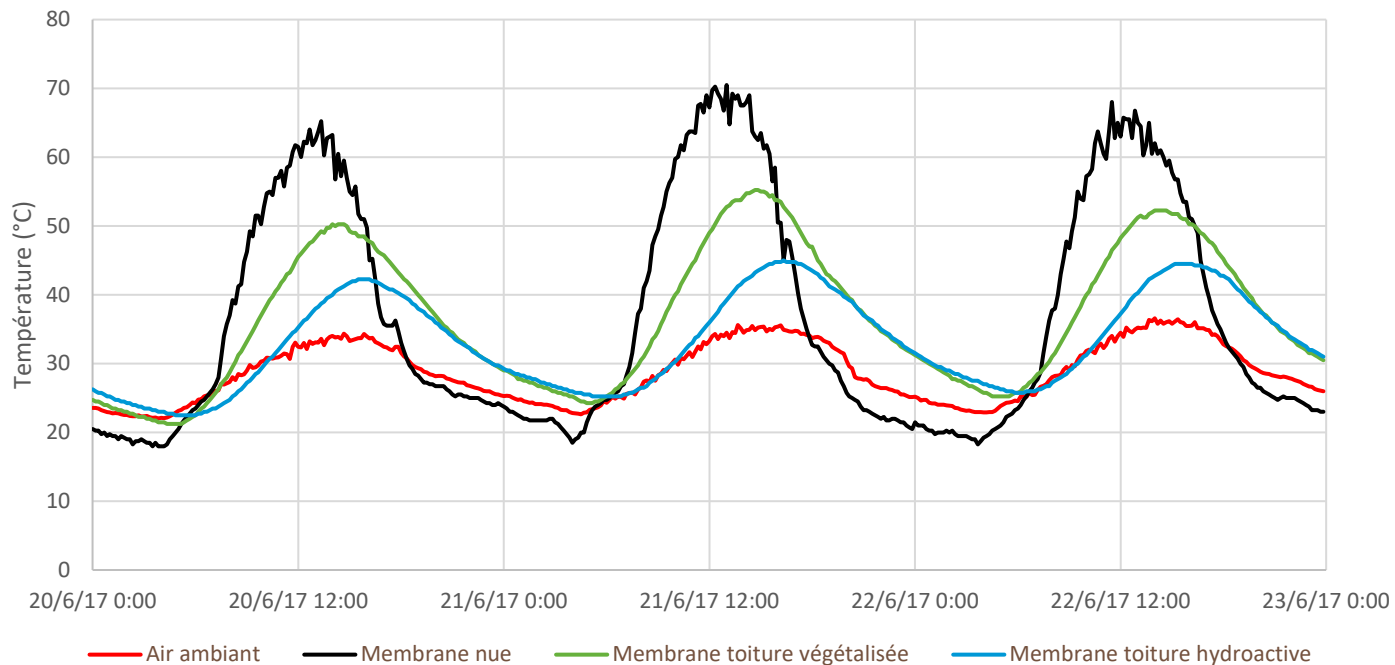
- Végétation rafraîchit la surface de **4,2°C en moyenne avec la toiture végétalisée** et **8,7°C avec la toiture hydroactive** (par rapport à la toiture nue).
- Végétation en moyenne **4°C plus fraîche avec la toiture hydroactive** (par rapport à la toiture végétalisée).
- Lors des fortes chaleurs, 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
ΔT journalier max	60°C	32°C	23°C

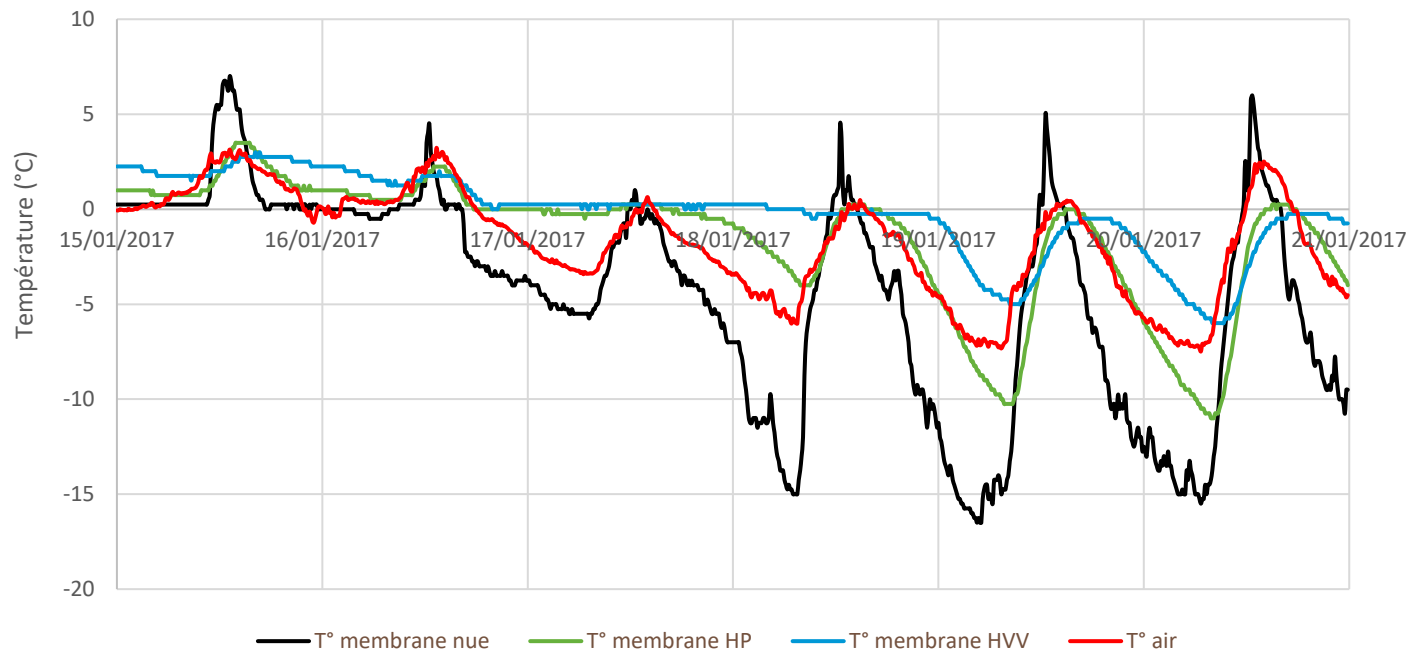
→ Forte inertie thermique des toitures végétalisées

→ 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

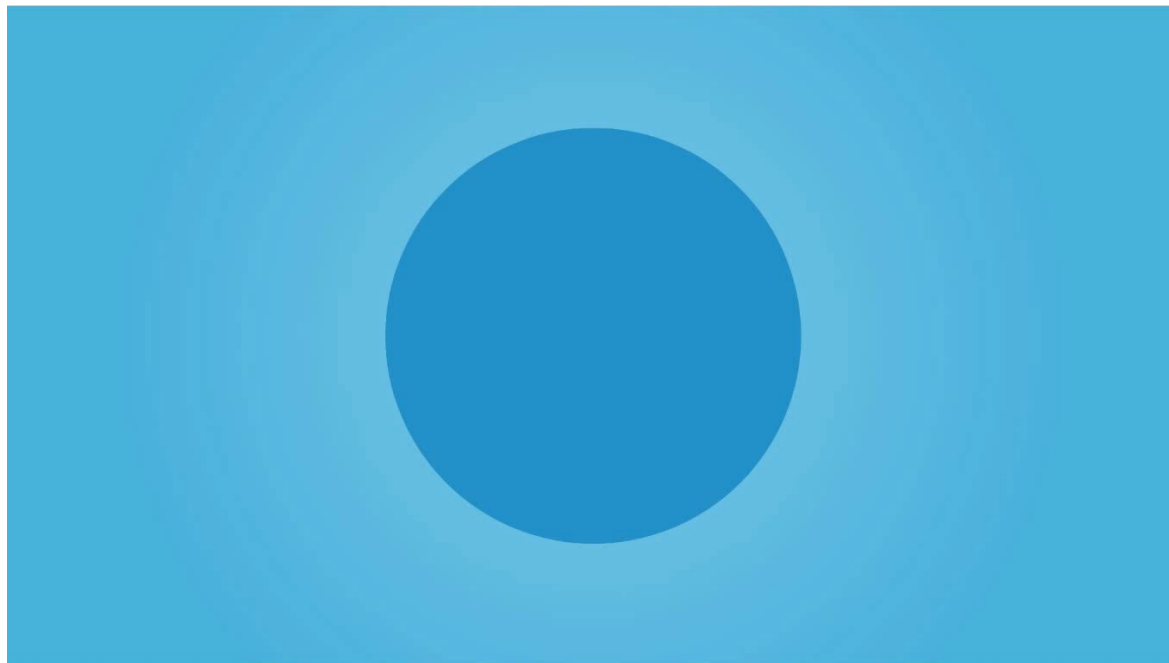
RÉSULTATS THERMIQUES - HIVER (NOV / FÉV) - MEMBRANE ❄️

	Membrane nue	Membrane TTV	Membrane OASIS
T° max	40°C	18°C	16°C
T° min	-17°C	-11°C	-6°C
ΔT 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 m²)
 - 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

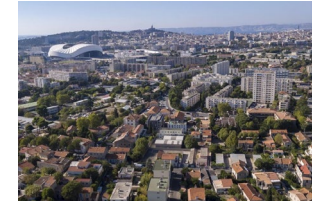
- Analyse qualitative



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

