

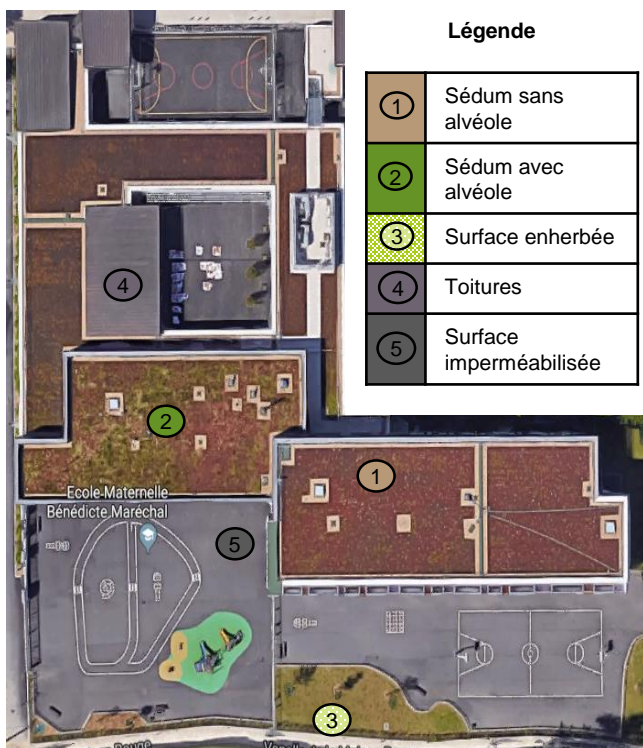
Toiture terrasse végétalisée stockante

Descriptif du site :

- **Type de techniques** : Toiture végétalisée stockante
- **Localisation** : Ecole Bénédicte Maréchal, rue des Dahlias, Orléans
- **Acteurs de la réalisation** : Siplast, Nidaplast, Cerema
- **Partenaire financier** : Agence de l'Eau Loire-Bretagne
- **Date de pose de la toiture** : 2015
- **Date d'instrumentation du site** : Janvier 2016
- **Durée du suivi par le Cerema** : 2 ans

Caractéristiques techniques :

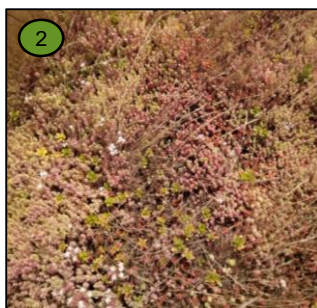
- Surface d'environ 600m²
- Capacité de rétention de 150L/m²
- Pente quasi-nulle
- Présence d'une zone stérile périphérique
- 3 évacuations d'eaux vers le réseau d'eaux pluviales



Légende

①	Sédum sans alvéole
②	Sédum avec alvéole
③	Surface enherbée
④	Toitures
⑤	Surface imperméabilisée

Ecole Bénédicte Maréchal vue du ciel



Zoom de la toiture sans sédum et avec sédum



Végétation extensive

Contexte et objectifs :

- Évaluer l'impact quantitatif d'une toiture végétalisée - avec un système de stockage sous-jacent - sur la gestion des eaux pluviales
- Vérifier sa capacité à devenir un élément majeur pour atteindre l'objectif de zéro rejet à la parcelle
- Répondre aux exigences réglementaires

La toiture végétalisée de l'école présente la particularité d'avoir deux types de structures différentes : une partie avec sédum mais sans capacité de rétention et une autre partie qui comprend des plaques alvéolaires avec une capacité de rétention importante. Seule cette dernière a été instrumentée. Le principe est de favoriser la transpiration des végétaux, l'évaporation du substrat et le stockage d'eau dans le substrat et dans la structure en nid d'abeille des plaques alvéolaires. Le trop-plein d'eaux est surversé par les trois évacuations d'eaux pluviales.

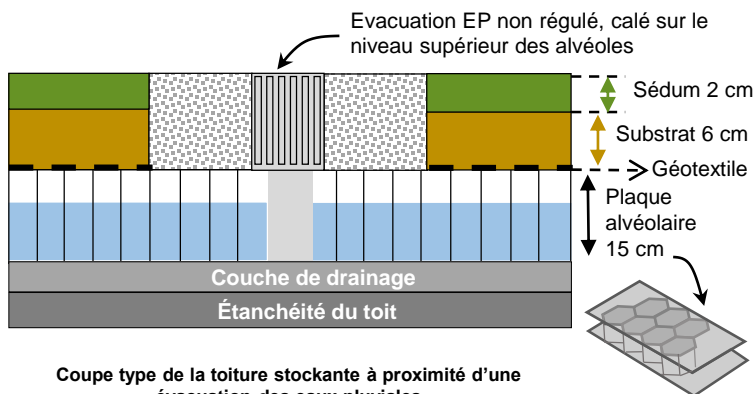
L'évaluation des performances a nécessité un relevé précis de la pluviométrie locale et des données météorologiques enregistrées en continu au pas de temps de 30 minutes afin de calculer l'évapotranspiration potentielle. Trois profils de mesures ont été implantés afin de suivre en continu et au pas de temps de 5 minutes l'évolution des états hydriques et thermiques du complexe de végétalisation et vérifier l'homogénéité du fonctionnement de la toiture.

Le Cerema était en charge d'équiper et instrumenter la toiture, de réaliser le suivi, la critique et la validation des mesures et enfin de développer un modèle conceptuel.

Descriptif du système alvéolaire :

Le complexe de végétalisation est composé de bas en haut :

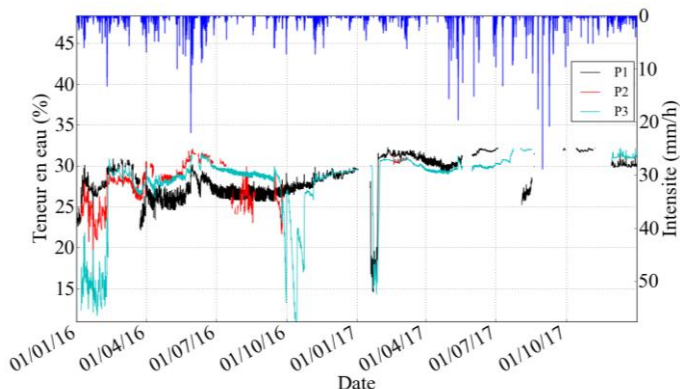
- de l'étanchéité du toit,
- d'une couche de drainage permettant d'équilibrer les niveaux d'eau dans les alvéoles,
- de plaques alvéolaires à structure en nid d'abeilles d'une épaisseur de 15 cm, d'une couche de substrat séparée des alvéoles par un géotextile et recouverte par une végétation composée majoritairement de sédums. Les plaques alvéolaires jouent un rôle de dispositif de rétention temporaire d'eau de pluie pour toitures-terrasses accessibles et inaccessibles.



Coupe type de la toiture stockante à proximité d'une évacuation des eaux pluviales

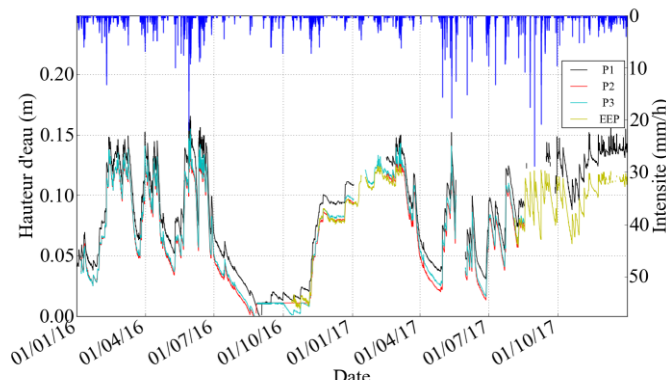
Fonctionnement de la toiture et résultats principaux :

La teneur en eau du substrat est restée élevée (entre 25-35%) pendant quasiment toute la durée de l'étude. Elle a eu une évolution conforme à celle d'une toiture végétalisée classique uniquement pour le profil P3 et lors de la seule période où les alvéoles étaient vides. Cette teneur en eau constamment élevée participe au bon développement de la végétation tout au long de l'année car celle-ci est moins soumise au stress hydrique.



Variation de la teneur en eau dans le substrat

La hauteur d'eau dans les alvéoles a été maximale pendant les périodes hivernales. Des débordements représentant 31% de la pluie ont été constatés lors des 2 années de suivis, en particulier lors des événements exceptionnels de mai-juin 2016. Elle a diminué lors des périodes sèches et estivales. Elle a notamment atteint zéro à la fin d'été – début automne 2016, ce qui n'a pas été le cas lors de l'été 2017 où les conditions météorologiques étaient différentes. Un suivi de la qualité des eaux recueillies dans les alvéoles a également été réalisé (pH, conductivité, MES, DCO, DBO5, phosphore et azote, métaux, HAP).



Variation de la hauteur d'eau dans les alvéoles

Modélisation et performances:

A partir des observations, un modèle « Faveur-OR » de type réservoir comprenant un compartiment « substrat » et un compartiment « alvéoles » a été développé. La performance simulée par le modèle « Faveur-OR » montre 74% d'abattement. La performance simulée pour une chronique de pluie et d'évapotranspiration de 17ans sous un climat océanique dégradé indique un abattement de 70% des précipitations en moyenne annuelle, avec une variation allant de 56 à 85% selon les conditions climatiques de l'année. En comparaison, il faudrait 30cm de substrat pour une toiture végétalisée classique pour atteindre cette performance pour des conditions climatiques identiques.

Conclusion de l'instrumentation de 2 ans :

La toiture a été capable d'abattre 69% des précipitations même en intégrant les événements pluvieux exceptionnels de mai-juin 2016 (période de retour 100 ans). Les performances de cette toiture à haute capacité de rétention sont supérieures à celles d'une toiture végétalisée extensive de faible/moyenne épaisseur. Ce type de toiture peut jouer un rôle majeur dans un concept « zéro rejet » de gestion des eaux à la parcelle. Le trop-plein pourrait être géré par d'autres techniques alternatives (noues, tranchées, jardins de pluie, etc.)

Contacts :

Nidaplast : Luc Nuttens : lnuttens@nidaplast.com

Siplast : Emmanuel Houssin : emmanuel.houssin@bmigroup.com

AELB : Vincent Nalin : vincent.nalin@eau-loire-bretagne.fr

Cerema : Cédric Payet : cedric.payet@cerema.fr ; Emmanuel Berthier,

emmanuel.berthier@cerema.fr

Contact fiche : Wendy Arould, Pôle DREAM Eau & Milieux

wendy.arnould@poledream.org

Toiture terrasse végétalisée stockante

Descriptif du site :

- Type de technique : toiture végétalisée stockante
- Localisation : Ecole Bénédicte Maréchal, rue des Dahlias, Orléans
- Acteurs de la réalisation : Siplast, Nidaplast, CEREMA
- Partenaire financier : Agence de l'Eau Loire-Bretagne (AELB)
- Date de pose de la toiture : janvier 2016
- Durée du suivi par le CEREMA : 2 ans

Caractéristiques techniques :

- Surface d'environ 600m²
- Capacité de rétention de 150L/m²
- Pente quasi-nulle
- Présence d'une zone stérile périphérique
- 3 évacuations d'eaux vers le réseau d'eaux pluviales



Contexte et objectifs :

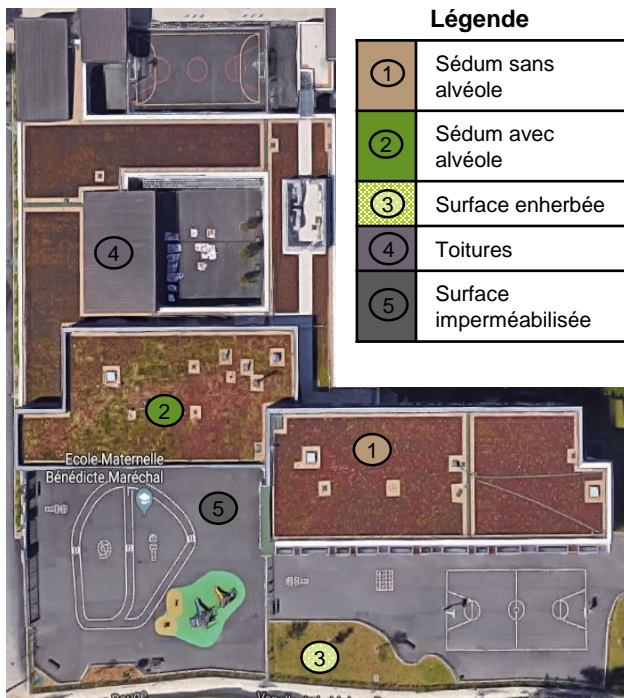
- Évaluer l'impact quantitatif d'une toiture végétalisée - avec un système de stockage sous-jacent - sur la gestion des eaux pluviales
- Vérifier sa capacité à devenir un élément majeur pour atteindre l'objectif de zéro rejet à la parcelle
- Répondre aux exigences réglementaires

La toiture végétalisée de l'école présente la particularité d'avoir deux types de structures différentes : une partie avec sédum mais sans capacité de rétention et une autre partie qui comprend des plaques alvéolaires avec une capacité de rétention importante. Seule cette dernière a été instrumentée.

Le principe est de favoriser la transpiration des végétaux, l'évaporation du substrat et le stockage d'eau dans le substrat et dans la structure en nid d'abeille des plaques alvéolaires. Le trop-plein d'eaux est surversé par les trois évacuations d'eaux pluviales.

L'évaluation des performances a nécessité un relevé précis de la pluviométrie locale et des données météorologiques enregistrées en continu au pas de temps de 30 minutes afin de calculer l'évapotranspiration potentielle. Trois profils de mesures ont été implantés afin de suivre en continu et au pas de temps de 5 minutes l'évolution des états hydriques et thermiques du complexe de végétalisation et vérifier l'homogénéité du fonctionnement de la toiture.

Le Cerema était en charge d'équiper et instrumenter la toiture, de réaliser le suivi, la critique et la validation des mesures et enfin de développer un modèle conceptuel.



Légende

①	Sédum sans alvéole
②	Sédum avec alvéole
③	Surface enherbée
④	Toitures
⑤	Surface imperméabilisée

Ecole Bénédicte Maréchal vue du ciel

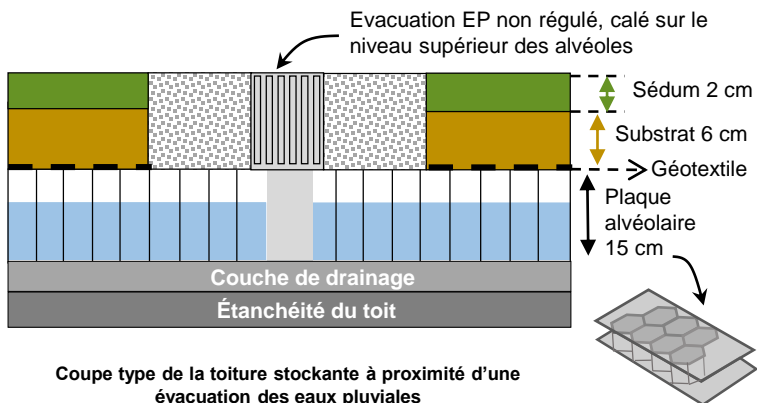


Zoom de la toiture sans sédum et avec sédum

Descriptif du système alvéolaire :

Le complexe de végétalisation est composé de bas en haut :

- de l'étanchéité du toit,
- d'une couche de drainage permettant d'équilibrer les niveaux d'eau dans les alvéoles,
- de plaques alvéolaires à structure en nid d'abeilles d'une épaisseur de 15 cm, d'une couche de 6 cm de substrat séparée des alvéoles par un géotextile et recouverte par une végétation composée majoritairement de sédums. Les plaques alvéolaires jouent un rôle de dispositif de rétention temporaire d'eau de pluie pour toitures-terrasses accessibles et inaccessibles.



Fonctionnement de la toiture et résultats principaux :

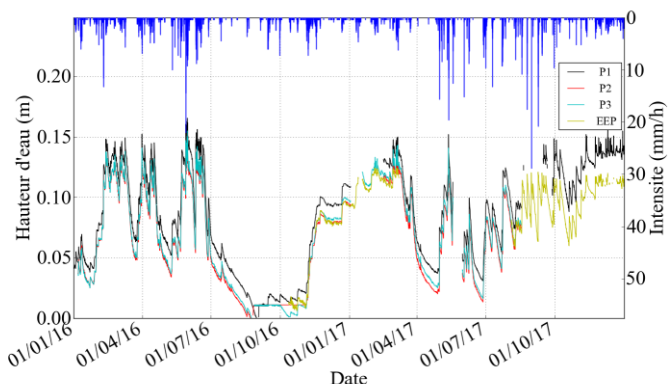
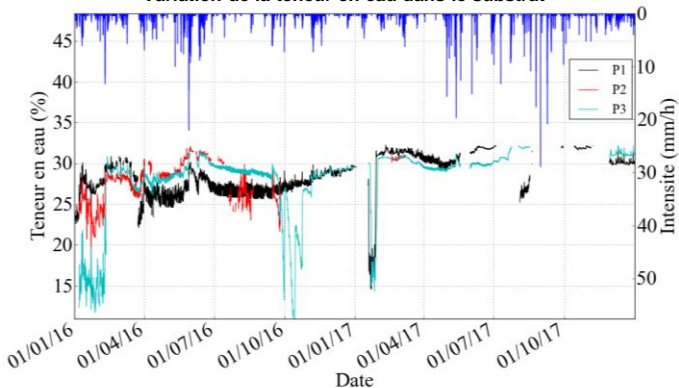
La teneur en eau du substrat est restée élevée (entre 25-35%) pendant quasiment toute la durée de l'étude. Elle a eu une évolution conforme à celle d'une toiture végétalisée classique uniquement pour le profil P3 et lors de la seule période où les alvéoles étaient vides. Cette teneur en eau constamment élevée participe au bon développement de la végétation tout au long de l'année car celle-ci est moins soumise au stress hydrique.

La hauteur d'eau dans les alvéoles a été maximale pendant les périodes hivernales. Des débordements représentant 31% de la pluie ont été constatés lors des 2 années de suivis, en particulier lors des événements exceptionnels de mai-juin 2016. Elle a diminué lors des périodes sèches et estivales. Elle a notamment atteint zéro à la fin d'été – début automne 2016, ce qui n'a pas été le cas lors de l'été 2017 où les conditions météorologiques étaient différentes. Un suivi de la qualité des eaux recueillies dans les alvéoles a également été réalisé (pH, conductivité, MES, DCO, DBO5, phosphore et azote, métaux, HAP).

Modélisation et performances:

A partir des observations, un modèle « Faveur-OR » de type réservoir comprenant un compartiment « substrat » et un compartiment « alvéoles » a été développé. La performance simulée par le modèle « Faveur-OR » montre 74% d'abattement. La performance simulée pour une chronique de pluie et d'évapotranspiration de 17ans sous un climat océanique dégradé indique un abattement de 70% des précipitations en moyenne annuelle, avec une variation allant de 56 à 85% selon les conditions climatiques de l'année. En comparaison, il faudrait 30cm de substrat pour une toiture végétalisée classique pour atteindre cette performance pour des conditions climatiques identiques.

Variation de la teneur en eau dans le substrat



Variation de la hauteur d'eau dans les alvéoles

Conclusion de l'instrumentation de 2 ans :

La toiture a été capable d'abattre 69% des précipitations même en intégrant les événements pluvieux exceptionnels de mai-juin 2016 (période de retour 100 ans). Les performances de cette toiture à haute capacité de rétention sont supérieures à celles d'une toiture végétalisée extensive de faible/moyenne épaisseur. Ce type de toiture peut jouer un rôle majeur dans un concept « zéro rejet » de gestion des eaux à la parcelle. Le trop-plein pourrait être géré par d'autres techniques alternatives (noues, tranchées, jardins de pluie, etc.)

Contacts :

Nidaplast : Luc Nuttens : lnuttens@nidaplast.com
Siplast : Emmanuel Houssin : emmanuel.houssin@bmgigroup.com
AELB : Vincent Nalin : vincent.nalin@eau-loire-bretagne.fr
Cerema : Cédric Payet : cedric.payet@cerema.fr ; Emmanuel Berthier, emmanuel.berthier@cerema.fr
Contact fiche : Wendy Arnould, Pôle DREAM Eau & Milieux wendy.arnould@poledream.org