

I. INTRODUCTION

L'entreprise Body Nature a construit un nouveau bâtiment au sein du site de Nueil-Les-Aubiers (projet CYPRES), Deux-Sèvres, Poitou-Charentes. Cette nouvelle unité, dédiée au stockage, à la production et au conditionnement abrite également le Laboratoire de Recherche et Développement/Qualité. Ce dernier est recouvert d'une toiture végétalisée extensive de 450 m², garantissant l'isolation et une meilleure régulation thermique.

La grande majorité des projets de végétalisation de toiture se limitent à la plantation de quelques espèces de sédums. Ces toits ne sont donc pas esthétiquement très intéressants et ne présentent pas une grande biodiversité. C'est pourquoi, le CRITT Horticole, qui mène un programme de recherche et développement sur les toitures végétalisées depuis 2008, travaille sur l'élargissement de la gamme végétale. A ce titre, environ 200 espèces ont été installées sur un système de toiture végétalisée reproduit au sol à Rochefort/mer. La résistance aux conditions de sol et les caractéristiques de développement des espèces sont observées sur cette plateforme expérimentale. Ce premier travail de screening a permis de mettre en avant un certain nombre d'espèces.

Body Nature a sollicité le CRITT Horticole pour concevoir la toiture végétalisée. Les objectifs de la collaboration sont doubles :

- Créer une toiture végétalisée esthétiquement originale
- Mettre en œuvre de nouvelles espèces et observer leur comportement

II. DESCRIPTIF DE LA TOITURE VEGETALISEE MISE EN ŒUVRE

Pour répondre à l'enjeu de diversification de la palette végétale et à une volonté de créer une toiture originale, deux zones ont été délimitées sur le toit du laboratoire :

- une zone principale (80 % de la surface environ)
- une zone d'essai avec un suivi expérimental des espèces

La zone d'essai est disposée comme indiqué sur le schéma ci-dessous :

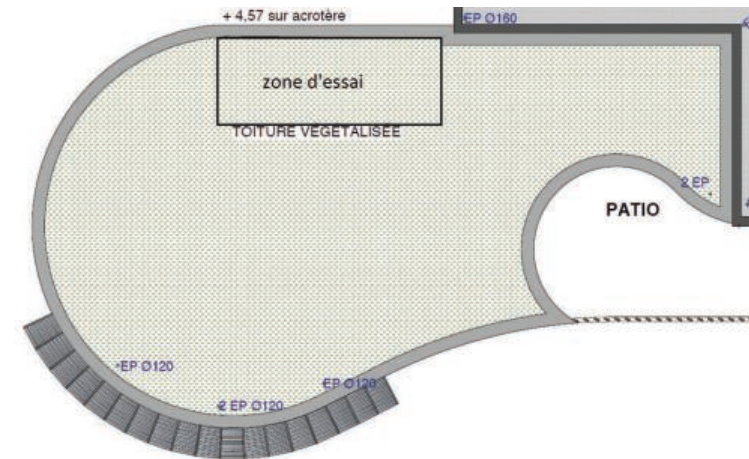


Figure 1 : disposition de la zone d'essai

II.1. ZONE PRINCIPALE

Dans cette zone, des tapis précultivés à base de sédums (système Tundra® de Sopranature) ont été installés sur toute la surface par l'entreprise BRIAND. Ces tapis sont composés de quelques espèces de sédums à port rampant (*Sedum album*, *Sedum lydium*, *Sedum hispanicum*...). L'épaisseur de substrat dans cette zone est de 6 cm environ.

Au sein de cette zone, le CRITT Horticole a installé par tâche des végétaux choisis pour leurs caractéristiques esthétiques (ports, couleur de feuillage, floraison, volume...). Les tapis précultivés ont été découpés par endroit afin d'ajouter du substrat jusqu'à 15 cm d'épaisseur pour planter les végétaux en godet. Les tapis de sédums ont été retirés de la toiture et laissés sur site à l'entreprise Body Nature.



Figure 2 : Pose des tapis précultivés



Figure 4 : Plantation de *Stipa tenuifolia* dans une zone périphérique



Figure 3 : Exemple de végétalisation par tâche



Figure 5 : zone plantée de vivaces



Figure 6 : Installation de bulbeuses (*Allium schoenoprasum*)

La liste des espèces installées par tâche dans la zone principale est donnée ci-dessous (Figure 7). Des centaurees, des œillets, des achillées, des thymys, des alyssums et d'autres genres ont été installés.

<i>Allium schoenoprasum</i>
<i>Arabis caucasica rosea</i>
<i>Aubrieta 'Argenteovariegata'</i>
<i>Aurinia saxatilis (Alyssum)</i>
<i>Campanula poscharskyana 'Glandore'</i>
<i>Centaurea simplicaulis</i>
<i>Dianthus knappii</i>
<i>Erigeron aurantiacus</i>
<i>Euphorbia martini</i>
<i>Euphorbia polychroma</i>
<i>Festuca mairei</i>
<i>Geranium sanguineum</i>
<i>Gypsophila cerastioides</i>
<i>Gypsophila repens 'Rosea'</i>
<i>Helychrysum italicum</i> spp. <i>serotinum</i>
<i>Iberis muralis</i>
<i>Iberis sempervirens</i>
<i>Ipheion uniflorum 'Album'</i>
<i>Origanum vulgare</i>

<i>Petrorhagia saxifraga</i>
<i>Salvia pratensis "sweet Esmeralda"</i>
<i>Saponaria ocymoides</i>
<i>Sedum 'Carl'</i>
<i>Sedum 'Frosty Morn'</i>
<i>Sedum divergens</i>
<i>Sedum kamtshaticum var. middendorffianum</i>
<i>Sedum spectabile 'Carmen'</i>
<i>Sedum spurium 'Summer Glory'</i>
<i>Sedum telephium 'Munstead Dark Red'</i>
<i>Stipa tenuifolia</i>
<i>Thymus serpyllum</i>
<i>Thymus vulgaris</i>

Figure 7 : liste des végétaux installés par tâche dans la zone principale

II.2. ZONE D'ESSAI

La zone d'essai occupe une surface de 10 x 4 mètres et est délimitée par des costières métalliques. Une épaisseur de 10 cm de substrat environ a été déposée sur 5 cm de couche de drainage en argile expansée. Cette zone a été découpée en 80 parcelles de 0.5 x 0.9 m à l'aide de séparations en géotextile. Chaque espèce est installée dans deux parcelles choisies aléatoirement. Une allée centrale facilite le déplacement pour la réalisation des observations. Les espèces et leurs emplacements sont donnés dans le tableau ci-dessous (Figure 8). Le plan de plantation est donné Figure 9. La plantation a eu lieu les 30 et 31 mars 2011.

Cette zone a fait l'objet de plusieurs irrigations par aspersion après plantation ainsi que lors d'une période sécheresse en été 2011. La zone d'essai a été fertilisée en surface avec de l'engrais à libération lente Basacote® 12M début octobre 2011.

LISTE VEGETAUX / REPARTITION PARCELLE EXPERIMENTALE			Noms communs (Fr)
<i>Aethionema armenum 'Warley Rose'</i>	A5	D6	Aéthionème
<i>Allium schoenoprasum</i>	B12	D9	Ciboulette
<i>Arabis caucasica rosea</i>	B5	C8	Arabette
<i>Aubrieta 'Argenteovariegata'</i>	B8	C2	Aubriète
<i>Aurinia saxatilis (Alyssum)</i>	B10	D13	Alysse - Corbeille d'Or
<i>Campanula poscharskyana 'Glandore'</i>	B2	C4	Campanule
<i>Carlina acaulis ssp simplex</i>	B17	C17	Carline
<i>Centaurea simplicaulis</i>	A14	D10	Centaurée
<i>Chamaemelum nobile 'Treneague'</i>	A3	C5	Camomille
<i>Delosperma sutherlandii</i>	A19	C19	Delosperma
<i>Dianthus knappii</i>	A11	D14	Illet (œillet)
<i>Draba sibirica</i>	B4	C6	Drave
<i>Erigeron aurantiacus</i>	B7	D8	Vergerette
<i>Euphorbia martini</i>	B16	C15	Euphorbe
<i>Euphorbia polychroma</i>	A12	D16	Euphorbe polychrome
<i>Festuca mairei</i>	A4	D1	Féтуаue
<i>Geranium sanguineum</i>	B6	C7	Bec de grue
<i>Goniolimon tataricum</i>	A6	D4	Limonium
<i>Gypsophila cerastioides</i>	A13	C10	Gypsophile
<i>Gypsophila repens 'Rosea'</i>	A15	C13	Gypsophile
<i>Helychrysum italicum ssp. serotinum</i>	A8	D3	Immortelle - Herbe au curry
<i>Herniaria glabra</i>	B15	C12	Herniaria
<i>Iberis muralis</i>	B11	C9	Thlaspi vivace
<i>Iberis sempervirens</i>	A10	D15	Thlaspi vivace
<i>Ipheion uniflorum 'Album'</i>	B3	C1	Ipheion
<i>Lavandula intermedia</i>	A1	D7	Lavande bâtarde
<i>Origanum vulgare</i>	B9	D12	Origan Marjolaine
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	A16	C14	Tunica - Tunique
<i>Salvia pratensis "sweet Esmeralda"</i>	A7	D2	Sauge des Prés
<i>Saponaria ocyroides</i>	B1	C3	Saponaire
<i>Sedum 'Carl'</i>	A18	D19	Sédum - Orpin
<i>Sedum 'Frosty Morn'</i>	B19	D18	Sédum - Orpin
<i>Sedum divergens</i>	A20	C20	Sédum - Orpin
<i>Sedum kamtschaticum var. middendorffianum</i>	A17	D20	Sédum - Orpin
<i>Sedum spectabile 'Carmen'</i>	B18	D17	Sédum - Orpin
<i>Sedum spurium 'Summer Glory'</i>	B20	C18	Sédum - Orpin
<i>Sedum telephium 'Munstead Dark Red'</i>	B13	C16	Sédum - Orpin
<i>Stipa tenuifolia</i>	A9	D11	Stipe - Cheveux d'ange
<i>Thymus serpyllum</i>	B14	C11	Thym Serpolet
<i>Thymus vulgaris</i>	A2	D5	Thym commun

Figure 8 : liste espèces-emplacements de la zone d'essai

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
A	<i>Lavandula intermedia</i>	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Chamaemelum nobile</i>	<i>Festuca mairei</i>	<i>Aethionema armenum 'Warley Rose'</i>	<i>Geranium sanguineum</i>	<i>Salvia pratensis 'Sweet Esmeralda'</i>	<i>Helychrysum italicum ssp. serotinum</i>	<i>Stipa tenuifolia</i>	<i>Iberis sempervirens</i>	<i>Dianthus knappii</i>	<i>Euphorbia polychroma</i>	<i>Gypsophila cerastioides</i>	<i>Centaurea simplicaulis</i>	<i>Gypsophila repens 'Rosea'</i>	<i>Petrorhagia saxifraga</i>	<i>Herniaria glabra</i>	<i>Euphorbia martini</i>	<i>Delosperma sutherlandii</i>	<i>Sedum kamtschaticum var. middendorffianum</i>	<i>Sedum 'Carl'</i>	<i>Delosperma sutherlandii</i>	<i>Sedum divergens</i>
B	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Campanula poscharskyana 'Glandore'</i>	<i>Ipheion uniflorum album</i>	<i>Draba sibirica</i>	<i>Arabis caucasica rosea</i>	<i>Geranium sanguineum</i>	<i>Erigeron aurantiacus</i>	<i>Aubrieta 'Argenteovariegata'</i>	<i>Origanum vulgare</i>	<i>Aurinia saxatilis (Alyssum)</i>	<i>Iberis muralis</i>	<i>Allium schoenoprasum</i>	<i>Sedum telephium 'Munstead Dark Red'</i>	<i>Thymus serpyllum</i>	<i>Herniaria glabra</i>	<i>Euphorbia martini</i>	<i>Euphorbia polychroma</i>	<i>Delosperma sutherlandii</i>	<i>Sedum kamtschaticum var. middendorffianum</i>	<i>Sedum 'Frosty Morn'</i>	<i>Delosperma sutherlandii</i>	<i>Sedum divergens</i>	
C	<i>Ipheion uniflorum 'Album'</i>	<i>Aubrieta 'Argenteovariegata'</i>	<i>Saponaria ocyroides</i>	<i>Campanula poscharskyana 'Glandore'</i>	<i>Chamaemelum nobile 'Treneague'</i>	<i>Draba sibirica</i>	<i>Geranium sanguineum</i>	<i>Arabis caucasica rosea</i>	<i>Iberis muralis</i>	<i>Gypsophila cerastioides</i>	<i>Thymus serpyllum</i>	<i>Herniaria glabra</i>	<i>Gypsophila repens 'Rosea'</i>	<i>Petrorhagia saxifraga</i>	<i>Euphorbia martini</i>	<i>Euphorbia polychroma</i>	<i>Delosperma sutherlandii</i>	<i>Sedum kamtschaticum var. middendorffianum</i>	<i>Sedum 'Carl'</i>	<i>Delosperma sutherlandii</i>	<i>Sedum divergens</i>		
D	<i>Festuca mairei</i>	<i>Salvia pratensis 'Sweet Esmeralda'</i>	<i>Helychrysum italicum ssp. serotinum</i>	<i>Geranium sanguineum</i>	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Aethionema armenum 'Warley Rose'</i>	<i>Lavandula intermedia</i>	<i>Erigeron aurantiacus</i>	<i>Allium schoenoprasum</i>	<i>Centaurea simplicaulis</i>	<i>Stipa tenuifolia</i>	<i>Origanum vulgare</i>	<i>Aurinia saxatilis (Alyssum)</i>	<i>Dianthus knappii</i>	<i>Iberis sempervirens</i>	<i>Euphorbia martini</i>	<i>Sedum kamtschaticum var. middendorffianum</i>	<i>Sedum 'Frosty Morn'</i>	<i>Sedum 'Carl'</i>	<i>Delosperma sutherlandii</i>	<i>Sedum divergens</i>		

Figure 9 : Plan de plantation de la zone d'essai



Figure 10 : Préparation de la zone d'essai : insertion de séparations en géotextile



Figure 11 : Aperçu de la zone d'essai

II.3. CHOIX DES ESPECES

La recherche d'espèces a été conduite à partir d'un cahier des charges récapitulant les caractéristiques requises pour les plantes de toiture.

De manière générale, les espèces doivent être adaptées aux conditions suivantes :

- fortes températures
- rayonnement important
- faible hygrométrie dans le sol et dans l'atmosphère
- faible réserve hydrique du substrat
- sol drainant, minéral et superficiel (15 cm maximum)

Compte-tenu des conditions pédoclimatiques et des exigences esthétiques, les végétaux doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- très bonne résistance à la sécheresse
- système racinaire superficiel, pas trop puissant pour éviter les risques d'endommagement de l'étanchéité
- végétaux couvrants, port tapissant
- végétaux non envahissants
- persistance du feuillage, aspect visuel intéressant toute l'année
- résistance au gel

Certaines des espèces sont issues des résultats des essais du CRITT Horticole réalisés sur une parcelle expérimentale située à Rochefort-sur-mer. D'autres sont proviennent d'une prospection auprès de producteurs, de botanistes et de collectionneurs.

III. RESULTATS

III.1. EVOLUTION DE LA ZONE PRINCIPALE

Enracinement

L'observation du système racinaire apporte des indications sur l'état de santé de la végétation et sur le besoin en éléments fertilisants. Environ un an après l'installation, l'appareil racinaire des sédums des tapis est développé dans la couche superficielle du substrat. Celui-ci ne présente pas de symptômes particuliers mais n'est pas très vigoureux et n'est pas développé de manière homogène sur toute l'épaisseur de la couche de substrat.

Etat des sédums présents sur les tapis

Lors des deux premières années, les sédums installés n'ont pas présenté pas de symptômes d'une carence en éléments fertilisants. La teinte rouge observées sur les tapis en sortie d'hiver et en été est liée à la coloration du *Sedum album* après une période de gel ou de sécheresse (Figure 12). Le *Sedum album* présent sur les tapis a tendance à régresser, particulièrement après la période hivernale. Cela est probablement dû à une épaisseur de substrat insuffisante. Dans la zone plus ombragée, adjacente à la façade du bâtiment de stockage, la végétation est moins marquée par les conditions de sécheresse. De manière générale, les *Sedums hispanicum* présentent un état sanitaire satisfaisant.



Figure 12 : photographie de la zone principale lors d'une période de sécheresse, juin 2012

Adventices

Un développement de graminées a été constaté au printemps 2012 au sein des tapis de sédums mais celles-ci meurent lors de la sécheresse estivale. D'autres adventices s'installent et meurent lors des sécheresses prolongées ou lors de l'hiver : senecios, laitron commun, pissenlit sauvage, mouron des oiseaux... Leur développement n'a pas engendré de problème particulier et n'a pas perturbé l'équilibre du couvert végétal de la toiture.

Tâches de vivaces

L'état des végétaux installés en godet dans la zone principale est variable selon les espèces. Certaines espèces habituellement assez résistantes aux conditions de sécheresse ne se sont pas pérennisées (œillet, saxifrages...). D'autres se sont développées correctement (stipa, sédums à port érigé...). Par exemple, les *Stipa tenuifolia* atteignent entre 30 et 50 cm de hauteur et apportent du volume et du mouvement à la toiture végétalisée (Figure 13). Les espaces laissés à nu pour au sein des tâches de végétation ont été colonisés par les sédums des tapis.

Certaines espèces se sont ressemées (stipa, œillets, arabis...) mais les jeunes plants n'ont pas résisté aux conditions.



Figure 13 : photographie des *Stipa tenuifolia*

Synthèse de l'essai

Sur les quarante espèces installées dans la parcelle d'essai, environ une vingtaine d'espèces ont résisté aux conditions de toiture végétalisée. Les espèces les plus intéressantes pour une utilisation en végétalisation de toiture ont fait l'objet de fiches de synthèse (voir liste Figure 15).

Espèce	Intérêt
<i>Allium schoenoprasum</i>	+++
<i>Arabis caucasica</i>	++
<i>Aubrieta 'Argenteovariegata'</i>	++
<i>Centaurea simplicaulis</i>	+++
<i>Delosperma sutherlandii</i>	++
<i>Festuca mairei</i>	++
<i>Geranium sanguineum</i>	++
<i>Iberis sempervirens</i>	+++
<i>Ipheion uniflorum 'Album'</i>	+++
<i>Lavendula intermedia</i>	+
<i>Salvia pratensis</i>	+
<i>Sedum 'Carl'</i>	++
<i>Sedum 'Frosty Morn'</i>	++
<i>Stipa tenuifolia</i>	++

Figure 15 : liste des espèces retenues

L'ensemble des fiches est donné en annexe de ce document.