

Sélection de végétaux adaptés aux terrasses des bâtiments en fonction de leur croissance

Naoual RAOUJ¹, My Chérif HARROUNI¹, Lahoussaine BAAMAL¹, Noureddine BENAODA TLEMÇANI¹

(Reçu le 22/06/2023; Accepté le 13/08/2023)

Résumé

Cet article aborde la sélection de plantes adaptées aux conditions climatiques des terrasses végétalisées. Beaucoup d'espèces de plantes peuvent être utilisées, mais à travers ce projet de recherche on sélectionnera en premier lieu les plantations qui résistent aux conditions des terrasses, qui exigent un entretien réduit et qui résistent à la sécheresse. Des essais ont été effectués pour choisir des végétaux parmi plusieurs espèces à planter sur la terrasse du bâtiment, selon les critères d'adaptation au climat de la terrasse. À partir d'une liste large des plantes à potentialités d'utilisation sur les terrasses, nous avons choisi six espèces: *Sedum acre* vert foncé, *Sedum spurium*, *Sedum rupestre* "Angelina", *Sedum rubrotinctum*, *Echeveria australis* rose et *Kalanchoe thyrsiflora* sur lesquelles nous avons mené une expérimentation de comparaison sur la base de résistance à la sécheresse, de vitesse de croissance verticale et latérale en vue d'arrêter la liste des plantes à utiliser sur la terrasse à végétaliser. Les espèces retenues selon les critères précédents sont *Sedum rupestre* "Angelina", *Echeveria australis* rose et *Kalanchoe thyrsiflora*. La distance de plantation sur une année pour une couverture totale de la terrasse est de 17,1 cm; 10,2 cm et 48,1 cm, respectivement pour *Sedum rupestre*, *Kalanchoe thyrsiflora* et *Echeveria Australis* Rose.

Mots-clés: Terrasse végétalisée, croissance végétative, végétalisation, plantation

Selection of plants adapted to the terraces of buildings according to their growth

Abstract

This article discusses the selection of plants adapted to the climatic conditions of vegetated terraces. Many plant species can be used, but this research project will primarily select plants that are adapted to terrace conditions, low maintenance and drought resistant. Trials were carried out to select plants from several species to plant on the terrace of the building, according to the criteria of adaptation to the climate of the terrace. From a large list of plants with potential for use on terraces, we chose six species: *Sedum acre* dark green, *Sedum spurium*, *Sedum rupestre* "Angelina", *Sedum rubrotinctum*, *Echeveria australis* rose and *Kalanchoe thyrsiflora* on which we conducted a comparison experiment on the basis of drought resistance, rate of vertical and lateral growth in order to decide on the list of plants to be used on the terrace to be revegetated. The selected species according to the previous criteria are *Sedum rupestre* "Angelina", *Echeveria australis* rose and *Kalanchoe thyrsiflora*. Planting distance over one year for full patio coverage is 17.1 cm; 10.2 cm and 48.1 cm, respectively for *Sedum rupestre*, *Kalanchoe thyrsiflora* and *Echeveria Australis* Rose.

Keywords: Vegetated terrace, vegetative growth, revegetation, planting

INTRODUCTION

Au Maroc, la végétalisation des toitures nécessite des améliorations professionnelles, concernant les travaux relatifs à la mise en œuvre d'un procédé d'étanchéité avec végétalisation légère. Il s'agit d'un ensemble composé en premier, d'un complexe d'étanchéité qui comporte un revêtement d'étanchéité résistant à la pénétration des racines placé sur ou sous un isolant thermique éventuel. En deuxième, un système de végétalisation composé de plantes adaptés et de l'ensemble des matériaux qui permettent le développement pérenne de la couche végétale qui assure la protection du revêtement d'étanchéité. Il a les fonctions complémentaires suivantes:

- Une fonction environnementale (amélioration de la qualité de l'air en ville, climat de ville / limitation du réchauffement climatique, amélioration de la biodiversité);
- Une fonction de régulation des eaux pluviales urbaines;
- Une fonction de confort (thermique, acoustique, esthétique).

Les avantages d'une toiture-terrasse végétalisée

Une toiture végétalisée est une excellente solution d'isolation thermique. Elle permet de réduire de près de 40% les variations de température. De cette façon, on économise en chauffage en hiver et en air conditionné en été. Sur une toiture-terrasse avec revêtement bitumeux, la température

peut grimper jusqu'à 70°C en été, contre environ 37°C pour un toit végétalisé. De plus, en été, la toiture plantée permet d'humidifier l'air desséché.

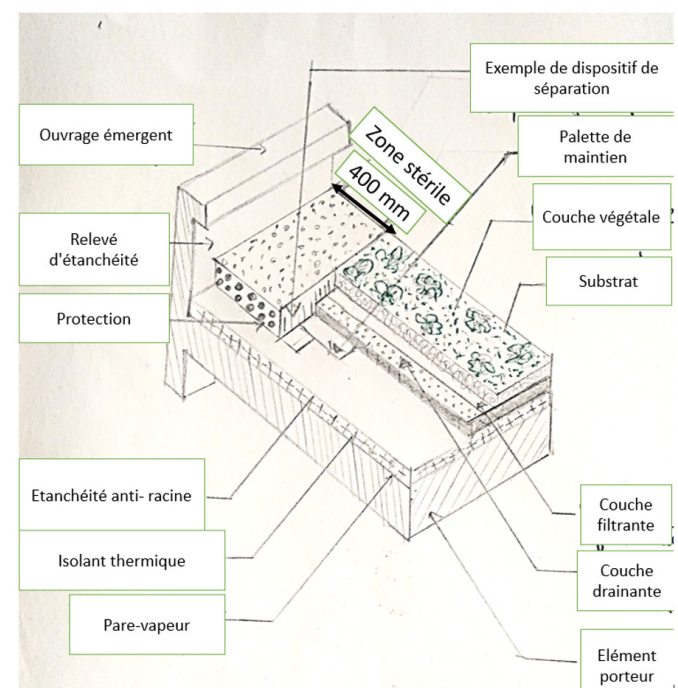


Figure 1: Schéma de principe d'une toiture végétalisée
(Source: <https://e-paysages.fr/paysagiste/toiture-vegetale-la-tendance-verte/>)

¹ Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

Du fait que la terre est également un excellent isolant thermique et phonique et que le tapis végétal assure une diminution des nuisances sonores, une toiture-terrasse végétalisée permet d'avoir des qualités acoustiques importantes. Une toiture végétalisée réduit les risques d'inondation. Elle retient l'eau de pluie, favorise l'évapotranspiration et régule le ruissellement vers le réseau de la ville. Effectivement, elle assure un meilleur drainage des eaux pluviales et une réduction de la vitesse de ruissellement.

Une toiture végétalisée produit de l'oxygène. Ainsi, elle réduit les émissions de gaz à effets de serre. Elle offre également une belle esthétique au toit et une certaine originalité.

Les exigences d'une toiture-terrasse végétalisée

Contrairement à un toit classique, une toiture végétalisée demande un savoir-faire pour sa conception et nécessite un entretien adapté. Certains végétaux nécessitent un système d'arrosage en période sèche et chaude. L'ajout d'un substrat et de végétaux nécessite une structure suffisamment forte du toit et une étanchéité parfaite. La détection de fuite ou de fissures sous la couche épaisse de substrat ne peut se faire que par un professionnel.

Techniquement, toutes les plantes peuvent pousser sur les toits mais certaines peuvent nécessiter des soins constants pour les préserver d'un soleil permanent, du gel et des grands vents. Dans la plupart des cas, la végétation ne sera qu'herbacée ou arbustive. Elle sera choisie en fonction du climat de la région, de l'ensoleillement, de la pente du toit, de l'épaisseur du substrat, etc.

Pour les substrats les plus minces, idéalement les végétaux devraient être choisis parmi la flore adaptée vivace xérophyte et litho-phytique qui est naturellement très résistante aux variations locales des paramètres climatiques. Elles s'implanteront rapidement pour couvrir les surfaces réduisant l'assèchement du substrat par le soleil et le vent. Pour des épaisseurs de sols plus importantes, les plantes alpines, succulentes et rudérales conviennent bien aussi généralement à cet usage.

MÉTHODOLOGIE

Le site d'étude

Il s'agit de la terrasse du bâtiment J, située dans la ville de Rabat à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (Figure 1).

Le type de végétalisation

Il s'agit donc d'une végétalisation extensive, semi intensive ou intensive, selon la distinction des spécificités des systèmes de végétalisation des terrasses et toitures, présentée par le tableau 1.

Tableau 1: Comparatif des spécificités des systèmes de végétalisation des terrasses et toitures

Types de toitures végétalisées	Illustration	Épaisseur du substrat
Extensive	 Végétalisation extensive	De 5 à 10 cm
Semi-intensive	 Végétalisation semi-intensive	De 10 à 25 cm
Intensive	 Végétalisation intensive	> 25 cm



Figure 1: Situation de la terrasse d'étude au sein de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

Les essais de végétalisation que nous avons effectué sur notre terrasse est basée sur des épaisseurs de substrat de 5 à 10 cm. Il s'agit donc d'une végétalisation extensive.

Protocole expérimental

Le protocole expérimental a pour but la sélection d'une liste de plantes adaptatifs aux terrasses végétalisées, et déterminer la distance de plantation adéquate selon les espèces, afin de réussir une couverture totale de la terrasse sur une année.

On a mesuré la croissance de six espèces différentes, choisies parmi les végétaux des terrasses végétalisées. Les mesures de croissance en hauteur et en largeur ont été effectuées durant une année, du 7 Mai 2020 au 7 Mai 2021. Toutes les mesures sont prises à l'aide d'un mètre ruban de 150 mètres.

Les plantes couvre-sols sont classées en premier choix car elles présentent plusieurs avantages. On cite principalement le fait de laisser peu de place aux herbes sauvages ou indésirables et de réduire l'entretien.

Le tableau 2 liste quelques végétaux utilisés en toitures végétalisées. Une association harmonieuse ou un mélange adéquat de plantes sélectionnées est possible sur la base des plantes présentées (Tableau 2).

Le tableau 3 présente les principaux végétaux à éviter en toitures végétalisées.

Le choix des végétaux à utiliser sur la terrasse du Bâtiment J, doit prendre en compte:

- La localisation géographique du site avec ses paramètres (sécheresse, gel, ensoleillement, altitude, ...);
- La présence ou non d'un arrosage automatique sur la toiture;
- La disponibilité des plantes selon la saison;
- L'adéquation entre conditionnement des végétaux, épaisseur de substrat et densité de plantation.

Tableau 3: Les végétaux interdits en toitures végétalisées

Nom commun	Genre	Espèce
Toutes les espèces de bambou dont:	<i>Bambusa</i>	<i>arundinacia</i>
		<i>fargesia</i>
		<i>phyllostachys</i>
		<i>pleioblastus</i>
		<i>pseudosasa</i>
		<i>sinarundinaria</i>
		<i>oligostachyum</i>
		<i>drepanostachyum</i>
		<i>chimonobambusa</i>
		<i>crachystachium</i>
		<i>borinda</i>
		<i>olmeca</i>
		<i>otatea</i>
		<i>ochlandra</i>
Canne de Provence	<i>Arundo</i>	<i>donax</i>
Roseau (Noms synonymes)	<i>Phragmites</i>	<i>australis</i> <i>communis</i> <i>vulgaris</i> <i>longivalvis</i>
	<i>Arundo</i>	<i>phragmites</i> <i>australis</i> <i>vulgaris</i>
Elime / Lime grass	<i>Leymus</i>	<i>racemosus</i>
Spartine	<i>Spartina</i>	<i>pectinata</i>
Renouée du Japon	<i>Reynoutria</i>	<i>japonica</i>
Renouée amphibie	<i>Polygonum</i>	<i>amphibium</i>
Renouée maritime	<i>Polygonum</i>	<i>maritimum</i>
Renouée à épis	<i>Polygonum</i>	<i>polystachyum</i>

Tableau 2: Les plantes utilisés en terrasses végétalisées

Les types de plantes	Les genres
Couvre-sols	Les sedums
	Les gypsophiles
	Les thym
	Les œillets
	Les jubarbes
Graminées	La fétuque bleue (<i>Festuca glauca</i>)
	La fétuque améthyste (<i>Festuca amethystina</i>)
Plantes fleuries	Les iris nain comme l' <i>Iris pumila</i>
	Les alliums comme la ciboulette
	Le gazon d'Espagne ou armérie maritime (<i>Armeria maritima</i>)
	Le géraniums sanguin (<i>G. sanguineum</i>)
	Les origans
Plantes vertes	La corbeille d'argent (<i>Iberis sempervirens</i>)
	Les armoises
Plantes diverses	Les cactées <i>Kalanchoe</i> <i>Echeveria</i>

Sedums

Le protocole expérimental est basé, en premier lieu sur le choix des listes des végétaux de type Sedums utilisés en toitures extensives (5 à 10 cm d'épaisseurs). Les données précédentes des végétaux qui peuvent être utilisés en terrasse végétalisée, nous a permis d'arrêter une liste de quatre espèces principales qui répondent aux exigences des terrasses végétalisées. Les quatre espèces sont (Tableau 4):

- Sedum acre* vert foncé
- Sedum spurium*
- Sedum rupestre* «Angelina» (Figure 2)
- Sedum rubrotinctum*

Echeverias

Dans le but d'arrêter une liste des espèces d'Echeveria les plus adaptées aux conditions des terrasses, on a utilisé en expérimentation l'espèce *Echeveria australis* Rose (Figure 3).

Kalanchoés

Dans le but d'arrêter une liste des espèces de Kalanchoés les plus adaptés aux conditions des terrasses végétalisées, on a utilisé en essai l'espèce *Kalanchoe thyrsiflora* (Figure 4).



Figure 3: *Echeveria australis* Rose



Figure 2: *Sedum rupestre* «Angelina» ou *Sedum reflexum*



Figure 4: *Kalanchoe thyrsiflora* en terrasse

Tableau 4: Les quatre espèces de *Sedum* utilisées sur terrasse

<i>Sedum acre</i> vert foncé	<i>Sedum spurium</i>	<i>Sedum rupestre</i> "Angelina"	<i>Sedum rubrotinctum</i>
			

RÉSULTAT ET DISCUSSION

D'après la comparaison des différentes caractéristiques des espèces de *Sedum*, on a opté pour une liste de plantes à utiliser sur la terrasse du bâtiment J. Le choix est fait sur plusieurs critères, on cite principalement: La résistance à la sécheresse, la croissance horizontale et verticale rapide, et le poids global qui ne doit pas être très lourd.

Les sedums, les Echeverias et les Kalanchoés sont classés parmi les premiers choix grâce à leur adaptation aux conditions des terrasses.

Après plusieurs essais de plantations de quelques espèces d'*Echeveria* dans des conditions d'économie d'eau, et après des mesures de croissance en hauteur et en largeur, on a choisi une seule espèce d'*Echeveria*: *Echeveria australis* rose, grâce à sa résistance à la sécheresse, on l'irrigue une ou deux fois par semaine, son épaisseur de substrat qui varie entre 8-12 cm, et sa croissance importante dans toutes les directions.

La terrasse de l'expérimentation est exposée au soleil durant toute la journée. Elle est prise en vent, ce qui est une contrainte dans le choix des végétaux.

Les trois espèces choisies sont:

Sedum rupestre «Angelina» ou *Sedum reflexum*

Kalanchoe thyrsiflora

Echeveria australis Rose

Évolution de la croissance horizontale en fonction de la croissance verticale des trois espèces sélectionnées

Droite de régression linéaire entre la croissance horizontale et la croissance verticale du *Sedum rupestre*

On souhaite estimer la croissance horizontale du *sedum rupestre* si on prévoit une croissance verticale du *sedum rupestre* de 8 cm, 14 cm et 16 cm. (Tableau 3).

D'après la droite de régression entre la croissance horizontale et la croissance verticale du *Sedum rupestre* (Figure 5), on déduit que la croissance horizontale du *Sedum rupestre* est importante et plus rapide par rapport à la croissance verticale. Un centimètre de croissance en hauteur correspond aux 3,88 cm de croissance en largeur durant les premiers six mois de plantation. (31,0:8). Après 18 mois de plantation le taux de croissance diminue à 2,61 cm de croissance horizontale pour chaque centimètre de croissance verticale.

Droite de régression linéaire entre la croissance horizontale et la croissance verticale du *Kalanchoe thyrsiflora*

On souhaite estimer la croissance horizontale du *Kalanchoe thyrsiflora*, si on prévoit une croissance verticale du *Kalanchoe thyrsiflora* de 11 cm, 15 cm et 21 cm (Tableau 4)

Tableau 3: Estimation de la croissance horizontale du *sedum rupestre* à partir de la croissance verticale

Croissance verticale du <i>Sedum rupestre</i> en cm	Croissance horizontale du <i>Sedum rupestre</i> en cm
8	31,0
14	39,1
16	41,8

Tableau 4: Estimation de la croissance horizontale du *Kalanchoe thyrsiflora* à partir de la croissance verticale

Croissance verticale du <i>Kalanchoe thyrsiflora</i> en cm	Croissance horizontale du <i>Kalanchoe thyrsiflora</i> en cm
11	12,9
15	18,9
21	27,8

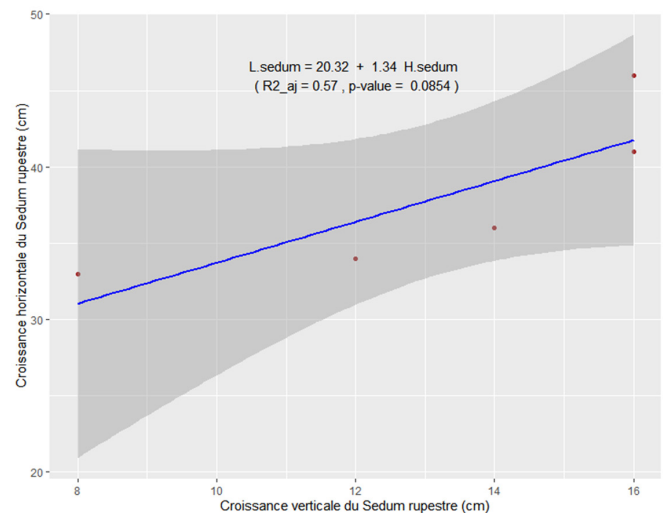


Figure 5: La croissance horizontale en fonction de la croissance verticale du *Sedum rupestre*

D'après la droite de régression entre la croissance horizontale et la croissance verticale du *Kalanchoe thyrsiflora* (Figure 6), on déduit que la croissance horizontale du *Kalanchoe thyrsiflora* est élevée par rapport à la croissance verticale. Un centimètre de croissance en hauteur correspond aux 1,18 cm de croissance en largeur durant les premiers six mois de plantation. (12,9:11 = 1,18 cm). Après 18 mois de plantation, le taux de croissance augmente à 1,32 cm de croissance horizontale pour chaque centimètre de croissance verticale.

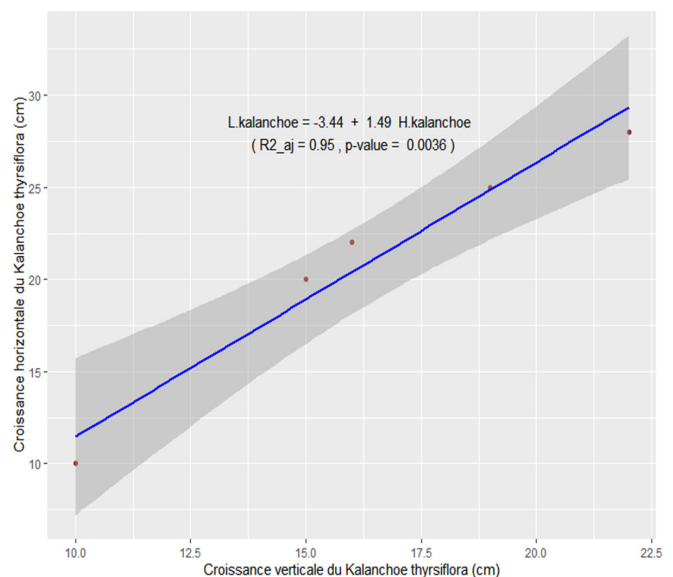


Figure 6: La croissance horizontale en fonction de la croissance verticale du *Kalanchoe thyrsiflora*

Droite de régression linéaire entre la croissance horizontale et la croissance verticale d’*Echeveria australis* Rose

On souhaite estimer la croissance horizontale d’*Echeveria australis* Rose, si on prévoit une croissance verticale d’*Echeveria australis* Rose de 6 cm, 14 cm et 22 cm. (Tableau 5).

D’après la droite de régression entre la croissance horizontale et la croissance verticale d’*Echeveria australis* Rose (Figure 8), on déduit que la croissance horizontale d’*Echeveria australis* Rose est inférieur par rapport à la croissance verticale. Un centimètre de croissance en hauteur correspond aux 0,87 cm de croissance en largeur durant les premiers six mois de plantation. (5,24:6= 0,87 cm). Après 18 mois de plantation le taux de croissance augmente à 1,96 cm de croissance horizontale pour chaque centimètre de croissance verticale.

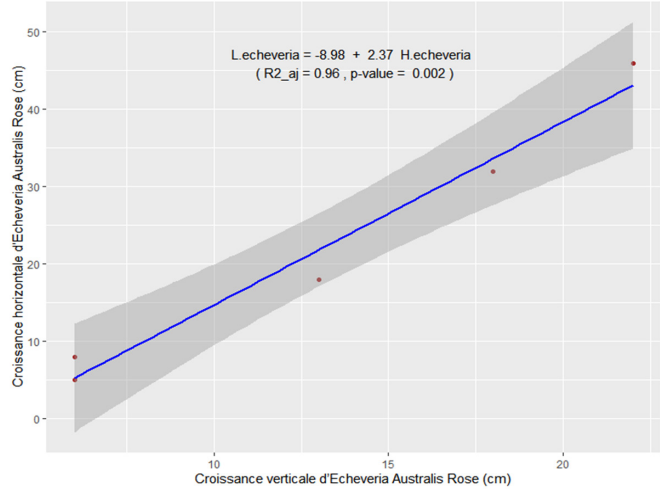


Figure 7: La croissance horizontale en fonction de la croissance verticale d’*Echeveria australis* Rose

Détermination de la distance de plantation adéquate pour une couverture totale de la terrasse sur une année

Sedum rupestre

La vitesse de croissance horizontale du *sedum rupestre* est 4 cm par mois [46 cm -36 cm = 10 cm de croissance en largeur divisé par 7 mois] (Tableau 6). On a choisi une distance de plantation des *sedums rupestres* de 50 cm de toutes directions (Figure 9). Donc pour une distance de plantation de 50 cm, on a besoin de 35,2 mois (50 cm divisé par 1,42 cm = 35,2 mois = 2,93 années).

La distance de plantation du *Sedum rupestre* sur une année pour une couverture totale de la terrasse est 17,1 cm.



Figure 8: Distance de plantation pour le *Sedum rupestre* en terrasse

Kalanchoes thyrsiflora

La vitesse de croissance horizontale du *Kalanchoe thyrsiflora* est 0,85 cm par mois [28 cm -22 cm = 6 cm de croissance en largeur divisé par 7 mois] (Tableau 6). On a choisi une distance de plantation du *Kalanchoe thyrsiflora* de 50 cm de toutes directions. Donc, pour une distance de plantation de 50 cm, on a besoin de 58,8 mois (50 cm divisé par 0,85 cm = 58,8 mois = 4,9 années).

La distance de plantation du *Kalanchoe thyrsiflora* sur une année pour une couverture totale de la terrasse est 10,2 cm.

***Echeveria australis* Rose**

La vitesse de croissance horizontale d’*Echeveria australis* Rose est 4 cm par mois [46 cm -18 cm = 28 cm de croissance en largeur divisé par 7 mois] (Tableau 6). On a choisi une distance de plantation d’*Echeveria australis* Rose de 50 cm de toutes directions. Donc pour une distance de plantation de 50 cm, on a besoin de 12,5 mois (50 cm divisé par 4 cm = 12,5 mois = 1,04 années).

La distance de plantation du d’*Echeveria australis* Rose sur une année pour une couverture totale de la terrasse est 48,1 cm.

Tableau 5: Estimation de la croissance horizontale d’*Echeveria australis* Rose à partir de la croissance verticale

Croissance verticale d’ <i>Echeveria australis</i> Rose en cm	Croissance horizontale d’ <i>Echeveria australis</i> Rose en cm
6	5,24
14	24,2
22	43,2

Tableau 6: Mesures de la croissance horizontale en cm des trois espèces choisis durant une année

Date de mesure	Croissance horizontale en cm		
	<i>Sedum rupestre</i>	<i>Kalanchoe thyrsiflora</i>	<i>Echeveria australis</i> Rose
07-mai-20	33	10	5
15-juil-20	34	20	8
07-oct-20	36	22	18
15-févr-21	41	25	32
07-mai-21	46	28	46

CONCLUSION

Les plantes qui peuvent être utilisées en terrasses végétalisées sont très variées. Les terrasses végétalisées extensives sont les plus répandues comme type de végétalisation en terrasse, grâce à leur substrat qui ne dépasse pas 12 cm de profondeur.

Dans ce projet de recherche, on a essayé d'arrêter une liste des végétaux des terrasses végétalisées soumis à des essais de croissance sur terrasse. La liste définitive contient principalement: *Sedum rupestre* «Angelina» ou *Sedum reflexum*, *Kalanchoe thyrsiflora*, et *Echeveria australis* Rose.

Pour une année de plantation:

Le taux de croissance du *Sedum rupestre* est de 2,61 cm de croissance horizontale pour chaque centimètre de croissance verticale. Le taux de croissance du *Kalanchoe thyrsiflora* est de 1,32 cm de croissance horizontale pour chaque centimètre de croissance verticale. Le taux de croissance d'*Echeveria australis* Rose est 1,96 cm de croissance horizontale pour chaque centimètre de croissance verticale.

Les distances de plantation du *Sedum rupestre*, *Kalanchoe thyrsiflora* et *Echeveria australis* Rose, sur une année pour une couverture totale de la terrasse sont successivement: 17,1 cm, 10,2 cm et 48,1 cm.

RÉFÉRENCES

Esther Lapierre, Stéphanie Pellerin (2018). Portrait des infrastructures vertes et des ouvrages phytotechnologiques dans l'agglomération de Montréal. «<https://www.phyto-techno.com/wp-content/uploads/2019/02/Infrastructures-vertes-de-l%C3%AEle-de-Montr%C3%A9al.pdf>», [En ligne, consulté le 6 Mars 2023]

Toitures végétalisées et toitures-terrasses jardins, Siplast: «https://assets.ctfassets.net/h1lj96y4pf/1k25gDnOjPm6F6aFpxRcLE/28314f90539c26c6f8866a9954ea4f52/Toitures_et_terrasses_inaccessibles_ve_ge_talise_es.pdf», [En ligne, consulté le 2 Février 2023].

Le sedum pour vos toitures végétalisées. https://www.ecovegetal.com/wp-content/uploads/2019/08/2018-03-18-Fiche_ressource_sedum.pdf, [En ligne, consulté le 10 Janvier 2023].

Chloé Frédette (2022). Inventaire des infrastructures végétalisées au Québec. Québec Vert, Québec, Canada.

A. Potvin (2021). Des bâtiments verts et intelligents pour la santé globale et l'action sur les changements climatiques: Une vision numérique intégrée pour la transformation durable du milieu bâti. Mémoire déposé dans le cadre de l'étape 1 de la Consultation publique de la SQI sur le Bâtiment vert et intelligent (BVI). Université Laval. 13 p.

H. Cheminade (2020). Le végétal, facteur d'appropriation des toits terrasses. Mémoire de fin d'études, 60 p.

Bongartz, Julien (2019). Construction durable au 21^{ème} siècle, mythe ou réalité ? Approche critique: transition, low tech, résilience. Mémoire de fin d'études. Université de Liège – faculté d'architecture, Belgique. 110 p.

Y. Dusza (2017). Toitures végétalisées et services écosystémiques: favoriser la multifonctionnalité via les interactions sols-plantes et la diversité végétale. Thèse de Doctorat en Écologie, Environnement. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 209 p.

J. Ortiz Castaño (2017). L'écoconception de bâtiments et de matériaux de construction face aux défis des territoires durables: l'échelle des écoquartiers, perspectives et définition des indicateurs. Géographie. Université Grenoble Alpes, Institut de Géographie Alpine. 57 p.

Too L. (2011). Les bâtiments écologiques: rêve ou cauchemar pour les gestionnaires de biens?. *Télescope*, 17: 228-238.

Commission de l'aménagement du territoire (2011). Avant-projet de loi: Loi sur l'aménagement durable du territoire et l'urbanisme. Mémoire de la Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec. Québec, Canada.